



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

DISMINUCIÓN DEL COSTO DE LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN A CLIENTES DE LA  
V REGION EN UNA EMPRESA DEL RUBRO DE INSUMOS PARA LA  
CONSTRUCCIÓN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

FRANCISCO SEBASTIAN FUENTES JARA

PROFESOR GUÍA:  
PATRICIO CONCA KEHL

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
RODOLFO URRUTIA URIBE  
MAURICIO BERNIER MORA

SANTIAGO DE CHILE  
2014

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TITULO DE: Ingeniero Civil Industrial  
POR: Francisco Sebastián Fuentes Jara  
FECHA: Marzo de 2014  
PROFESOR GUIA: Patricio Conca Kehl

## **DISMINUCIÓN DEL COSTO DE LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN A CLIENTES DE LA V REGION EN UNA EMPRESA DEL RUBRO DE INSUMOS PARA LA CONSTRUCCIÓN**

El objetivo principal del siguiente trabajo de título es desarrollar una solución para disminuir el costo de la logística de distribución, como también aumentar el actual nivel de servicio a clientes de la V región del país, en una empresa del rubro de insumos para la construcción.

El mercado del cemento y sus derivados, ha enfrentado estos últimos 5 años, desde la crisis subprime en el año 2008, una disminución en su demanda. Lo anterior, acompañado a una creciente alza de sus insumos directos, como la energía eléctrica y mano de obra, ha provocado que la compañía apunte a aumentar la eficiencia de sus procesos productivos y logísticos, entre otras acciones.

Este trabajo se realizó en la compañía “Cementos S.A.”, que produce, distribuye y comercializa cemento en dos tipos de formato, a granel y en sacos de 42,5 kg.

Para lograr este objetivo, se recurrió a un rediseño de su red logística de distribución en la zona, resuelto a través de un modelo de programación lineal mixta. También se determinó la flota óptima de camiones para cubrir los requerimientos de aumento de demanda determinados por la compañía y el aumento de nivel de servicio.

El desarrollo del modelo de rediseño entrega como conclusión que se debe realizar la apertura de un nuevo centro de distribución en la comuna de Los Andes, manteniendo los actuales puntos de despacho, y no utilizar el centro de distribución de la región metropolitana, logrando una disminución de sus costos en un 2% con respecto a la situación actual (actual red utilizada). También se concluyó que debe haber una flota de 8 camiones inicialmente para poder satisfacer al menos en un 85% el nivel de servicio a clientes en la V región.

Como recomendación, la apertura del centro de distribución debe realizarse en lo posible con instalaciones ya construidas, de tal forma de generar un contrato al menor plazo posible (un año), con renovación anual|. También se recomienda realizar una negociación directa con algún transportista actual o bien una licitación del servicio de transporte para la zona, con bases que indiquen incentivos en el cumplimiento del nivel de servicio, tanto para el transportista como para el recurso humano que utilice (choferes y personal de carga y descarga).

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi esposa, por su constancia, apoyo y comprensión en estos meses de trabajo.

A mi familia, por todo su apoyo que fue vital en proseguir mis estudios concluyendo en esta etapa.

En especial, a mi madre, que desde pequeño me incentivó y apoyó en toda circunstancia.

Sin ustedes esto no habría sido posible.

## TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1 .....	6
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES .....	6
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA COMPAÑÍA .....	9
1.1.1 RED DE PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE CEMENTO .....	9
1.1.2 TIPOS DE PRODUCTOS COMERCIALIZADOS .....	10
1.1.3 CLIENTES .....	12
CAPITULO 2 .....	14
DESCRIPCION DEL PROYECTO Y JUSTIFICACION .....	14
2.1 JUSTIFICACION .....	14
2.1.1 FORMATO DE DISTRIBUCION Y COMERCIALIZACION DEL CEMENTO .....	14
2.1.2 IMPORTANCIA DEL PROYECTO EN TERMINOS DE COSTOS DE DISTRIBUCION .....	21
CAPITULO 3 .....	30
ALCANCES DEL PROYECTO .....	30
CAPITULO 4 .....	30
OBJETIVOS .....	30
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	30
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	30
CAPITULO 5 .....	31
METODOLOGÍA .....	31
5.1 EVALUAR LA ACTUAL RED DE DISTRIBUCION A TRAVES DE UN MODELO DE LOCALIZACION DE ALMACENES .....	31
5.2 NIVEL DEL SERVICIO .....	31
5.3 DETERMINACION DE LA FLOTA OPTIMA DE TRANSPORTE .....	32
CAPITULO 6 .....	33
MARCO CONCEPTUAL .....	33
6.1 ESQUEMA DEL MODELO .....	33
CAPITULO 7 .....	34
ANALISIS DE LA DEMANDA .....	34
CAPITULO 8 .....	38
MODELO UTILIZADO .....	38
8.1 SUPUESTOS DEL MODELO .....	40
8.2 COSTOS DE TRANSPORTE .....	41
8.2.1 COSTO DE TRANSPORTE CON CARGA CONSOLIDADA .....	42
8.2.2 COSTO DE TRANSPORTE CON CARGA COMPLETA .....	43
8.3 COSTOS DE ALMACENAMIENTO .....	44
8.3.1 COSTO DE ARRIENDO .....	46

8.3.2 OTROS COSTOS DE ALMACENAMIENTO .....	47
8.4 RESULTADOS DEL MODELO.....	49
8.5 ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	51
CAPITULO 9 .....	54
FLOTA DE CAMIONES.....	54
9.1 TIPOS DE CAMION UTILIZADOS PARA LA CARGA CONSOLIDADA .....	55
9.2 CALCULO DE LA FLOTA OPTIMA DE CAMIONES POR CENTRO DE DISTRIBUCION .....	55
9.2.1 FLOTA PARA EL CENTRO DE DISTRIBUCION DE VIÑA DEL MAR.....	56
9.2.2 FLOTA PARA EL CENTRO DE DISTRIBUCION DE LOS ANDES.....	60
CAPITULO 10 .....	67
CONCLUSIONES.....	67
CAPITULO 11 .....	69
BIBLIOGRAFIA .....	69
CAPITULO 12 .....	70
ANEXOS .....	70
ANEXO I: ZONIFICACION V REGION.....	70
ANEXO II: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA AGREGADA EN LA V REGION Y POR ZONA.....	72
ANEXO III: PROMEDIO MENSUAL DE LA DEMANDA EN LA V REGION Y POR ZONA (CONSIDERA PERIODO DEL 2008 AL 2013). .....	84
ANEXO IV: RED LOGISTICA DE LA COMPAÑIA .....	95
ANEXO V: RESULTADOS DEL MODELO UTILIZANDO PREMIUN SOLVER PRO.....	96
ANEXO VI: REPORTE DE SENSIBILIDAD DEL MODELO APLICANDO ANALYTIC SOLVER PLATFORM.....	116

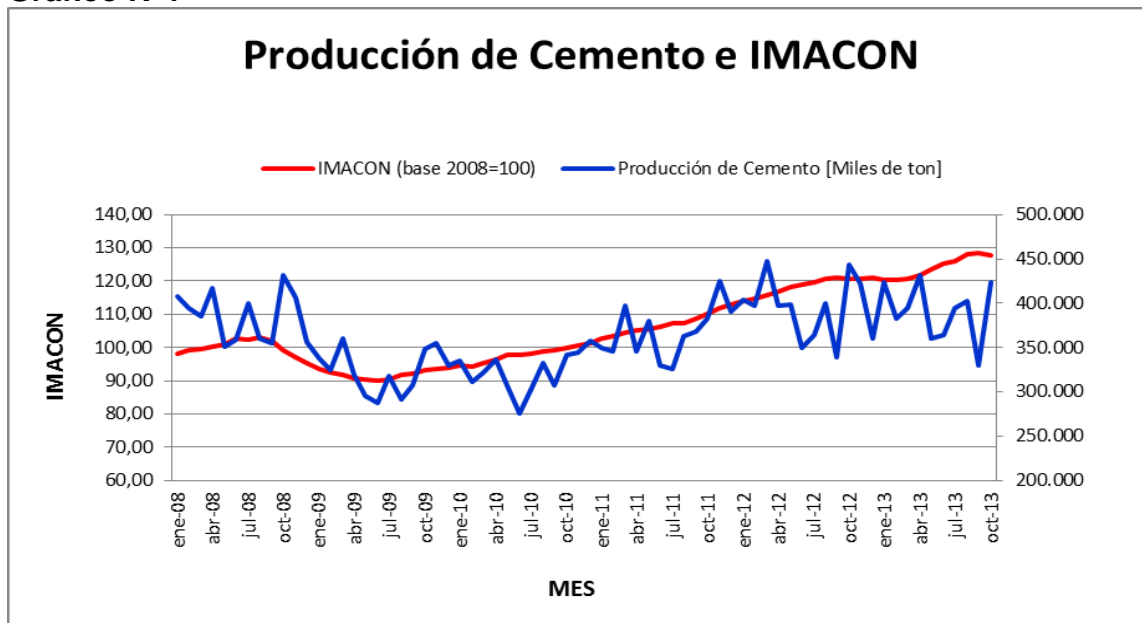
## CAPITULO 1

### INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES

El mercado del cemento en Chile es un mercado muy particular, donde prácticamente toda la producción se consume a nivel interno (no existiendo exportación), lo que propicia una alta competencia entre los principales actores de este mercado: Cementos Melón, del grupo peruano Brescia; Cementos Bío Bío, del grupo Briones; Cementos Polpaico, del grupo suizo Holcim, y Cementos BSA, del grupo Hurtado Vicuña, siendo este último el que ha estado ganando terreno en este mercado con fuertes niveles de inversión para los años siguientes. Cabe señalar que a pesar de haber pocos actores, no existe un líder indiscutido de este mercado.

Otra característica de este sector, es que su demanda es muy sensible al sector de la construcción, como se muestra en el gráfico N°1, donde el IMACON corresponde al índice mensual de actividad de la construcción. El consumo de cemento en el año 2008 a nivel nacional fue de aproximadamente 4,7 millones de toneladas, no pudiendo subir debido a la crisis financiera Subprime que comenzó el 2009, llegando ese año a un nivel cercano a las 3,9 millones de toneladas. También el sector de la construcción se vio muy afectado, paralizando proyectos de inversión que provocaron una disminución en la demanda de cemento y sus principales derivados; hormigón y morteros.

Gráfico N°1

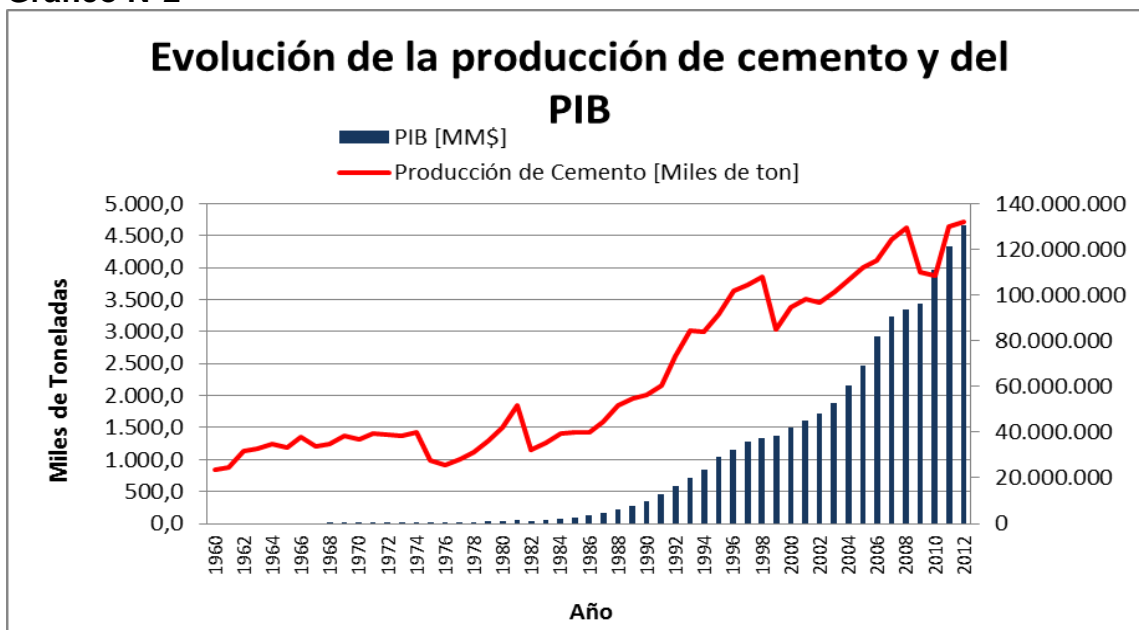


Fuente: Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile y Cámara Chilena de la Construcción

Recién el año 2011 el sector de la industria del cemento ha recuperado los niveles de demanda que tenía antes del año 2008 (4,7 millones de toneladas). La producción nacional el 2011 fue de 4.650 miles de toneladas, el 2012 de 4.722 millones de toneladas y lo que va de este año (a Diciembre de 2013), 4.311 millones de toneladas.

También se puede observar que la producción de cemento está de cierta forma correlacionada con el crecimiento del país como muestra el gráfico N°2.

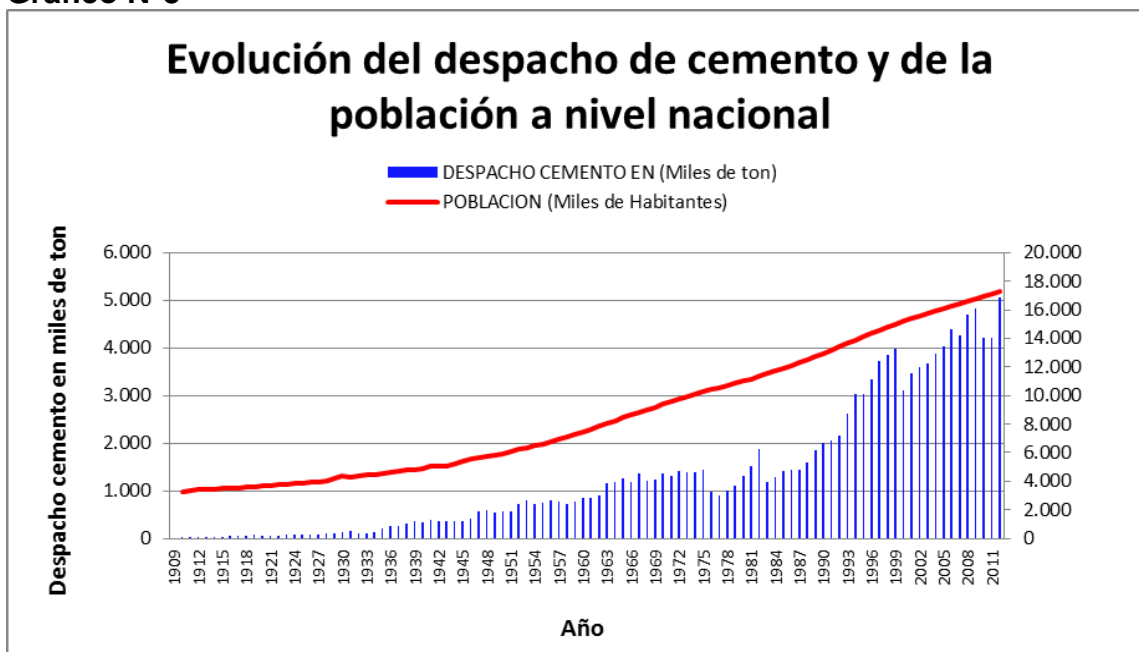
**Gráfico N°2**



Fuente: Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile y Banco Central de Chile

Como también con la evolución de la población del país (gráfico N°3).

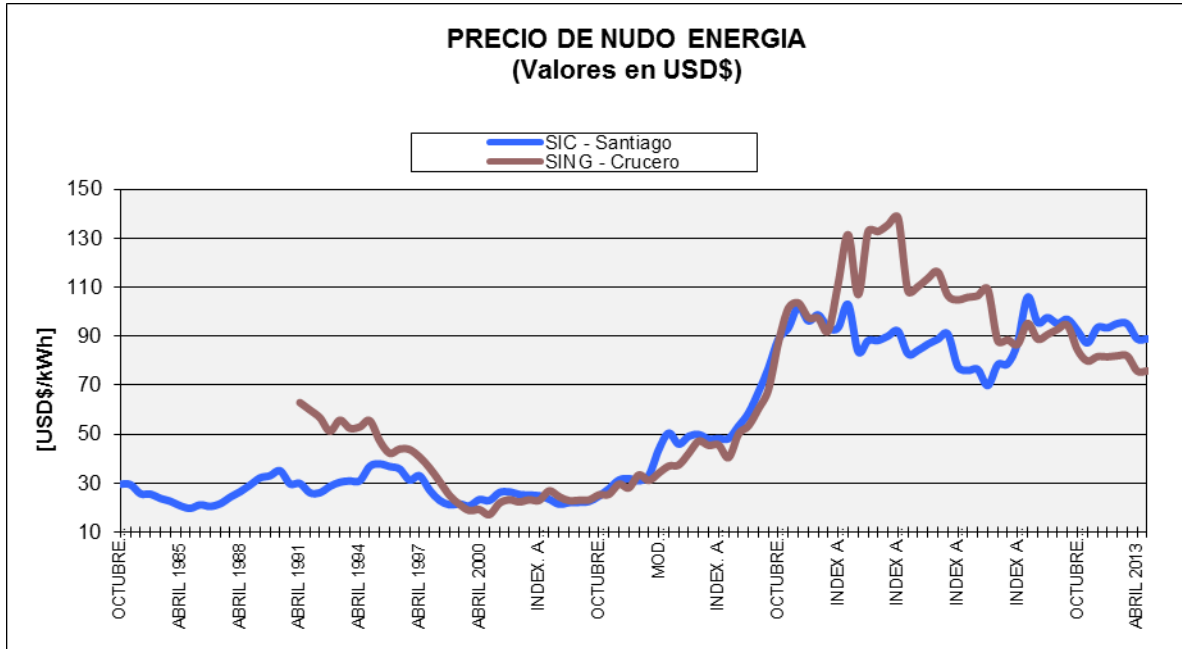
**Gráfico N°3**



Fuente: Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile

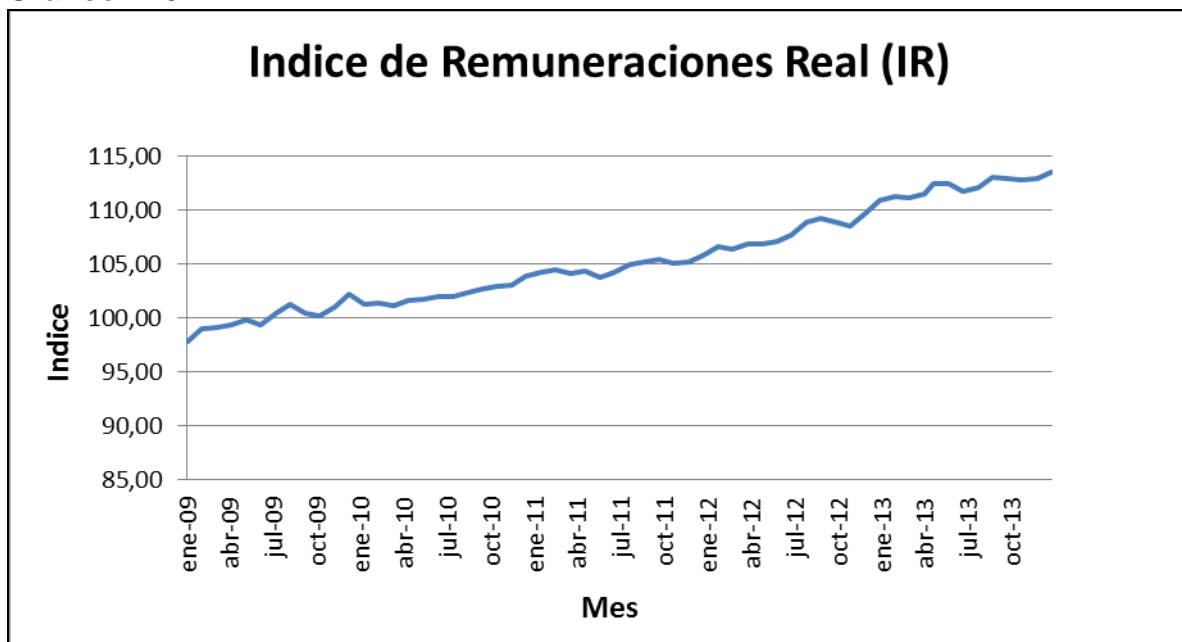
A pesar de que las expectativas del mercado se ven auspiciosas, el alza de costo de algunos de sus principales insumos, como la energía eléctrica (gráfico N°4) y la mano de obra (gráfico N°5), como también el estrecho margen de venta actual del cemento, genera preocupación en las principales compañías, por lo que la eficiencia en las operaciones de producción y distribución se ha tornado en foco de atención.

**Gráfico N°4**



Fuente: Comisión Nacional de Energía

**Gráfico N°5**



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE)



Dado este escenario, la compañía dentro de su plan estratégico para los años siguientes, ha decidido poner énfasis en la disminución de sus costos operativos, y dentro de estos, el costo de la logística de distribución de sus productos.

Por ello es que dentro del marco de la operación de la logística del cemento, se han generado varias iniciativas en la compañía que apuntan a aumentar la eficiencia de los procesos de distribución, como también a aprovechar ciertas condiciones del mercado que permitan una disminución de tarifas. Una de ellas tiene como objetivo disminuir el costo de distribución de cemento en sacos a los clientes de la V región, esperando también con esta iniciativa, mejorar el actual nivel de servicio de distribución a sus clientes de la zona.

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA COMPAÑÍA

La empresa donde se desarrolla este proyecto se denomina “Cementos S.A.”<sup>1</sup>. Esta empresa produce, distribuye y comercializa cemento a nivel nacional, excepto en la regiones XI y XII del país.

### 1.1.1 RED DE PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE CEMENTO

Para producir cemento, la empresa cuenta actualmente con una planta ubicada en la Región Metropolitana, y 2 plantas de molienda ubicadas en la II y VIII región respectivamente. La diferencia principal que distingue a una planta de una planta de molienda, es que en la primera se produce el Clinker<sup>2</sup>, principal componente para producir el cemento, mientras una planta de molienda debe abastecerse de este material en forma externa.

Para distribuir el cemento a nivel nacional, y según el formato del cemento (envasado o granel), la empresa cuenta con una red de distribución compuesta por las mismas plantas indicadas anteriormente, como también Centros de Distribución ubicados a lo largo del país, como se muestra en la tabla continuación.

**Tabla N°1:** Red de distribución utilizada actualmente por la compañía

REGION	CENTRO DE DISTRIBUCION	PLANTA O MOLIENDA	COBERTURA
XV	-	-	SI
I	X	-	SI
II	X	X	SI
III	-	-	SI
IV	X	-	SI
V	X	-	SI
RM	X	X	SI

<sup>1</sup> Nombre ficticio de la compañía

<sup>2</sup> Principal componente del cemento que se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura entre 1350 °C y 1450 °C

REGION	CENTRO DE DISTRIBUCION	PLANTA O MOLIENDA	COBERTURA
VI	X	-	SI
VII	X	-	SI
VIII	X	X	SI
IX	X	-	SI
XVI	-	-	SI
X	X	-	SI
XI	-	-	NO
XII	-	-	NO

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la compañía

Para satisfacer la demanda a nivel geográfico, el cemento granel es despachado directamente de cualquiera de las 3 plantas (la más cercana generalmente al cliente), mientras el cemento envasado en sacos, puede ser despachado ya sea desde una planta o bien desde un Centro de Distribución.

### 1.1.2 TIPOS DE PRODUCTOS COMERCIALIZADOS

Los productos que se comercializan son 5 tipos de cemento, dependiendo de su tipo (características químicas de mezcla), como el formato de venta (envasado o granel):

#### **Cemento especial en formato sacos de 42,5 kg:**

Este cemento que se clasifica como “Cemento con Agregado tipo A, Grado Corriente” según la Norma Chilena NCh 148;Of68. Su comercialización y distribución se realiza en sacos de cemento de 42,5 kg de peso (Fig 1), y sus principales clientes son distribuidores (retail), como Sodimac e Easy.

#### **Cemento especial granel:**

Este cemento también se clasifica como “Cemento con Agregado tipo A, Grado Corriente” según la Norma Chilena NCh 148;Of68. Su comercialización y distribución se realiza en granel (silos móviles de 28 ton, ver fig 2), y sus principales clientes son constructoras, clientes industriales y hormigoneras.

#### **Cemento Portland Puzolánico en formato sacos de 42,5 kg:**

Este cemento se clasifica como “Cemento Puzolánico, Grado Alta Resistencia”, según la Norma Chilena NCh 148;Of68. Su comercialización y distribución se realiza en sacos de cemento de 42,5 kg de peso (Fig 1), y sus principales clientes son distribuidores (retail), como Sodimac e Easy.

### Cemento Portland Puzolánico granel:

Este cemento también se clasifica como “Cemento Puzolánico, Grado Alta Resistencia” según la Norma Chilena NCh 148;Of68. Su comercialización y distribución se realiza en granel (silos móviles de 28 ton, ver fig 2), y sus principales clientes son constructoras, clientes industriales y hormigoneras.

### Cemento Premiun:

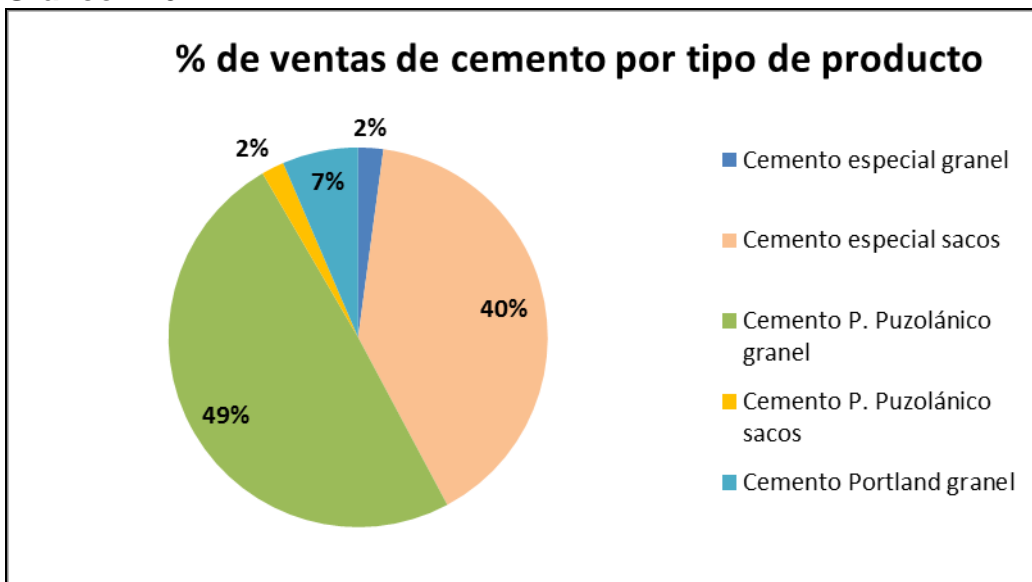
Este cemento también se clasifica como “Cemento Terminología, Clasificación y Especificaciones Generales” según la Norma Chilena NCh 148;Of68. Su comercialización y distribución se realiza en granel (silos móviles de 28 ton, ver fig 2), y sus principales clientes son constructoras, clientes industriales y hormigoneras.

La utilización de cada tipo de producto va a depender del tipo de cada obra que se realizará, tanto en el tipo de especificaciones del cemento que se requiera (sus cualidades), como la envergadura del proyecto de construcción.

Así por ejemplo, para las reparaciones de una vivienda, es probable que se utilice el cemento en formato sacos de 42,5 kg (no mayor cantidad como en formato a granel que son unidades de 28 ton). Si es un proyecto de mayor envergadura, donde se requiera una cantidad mayor a 28 ton, es muy probable que se requiera el formato granel, dado que su precio por kg, es menor<sup>3</sup>.

Como se muestra en el siguiente gráfico, el cemento Portland Puzolánico representa cerca de un 51% de la venta de cemento, seguido por el cemento especial con un 42%.

Gráfico N°6

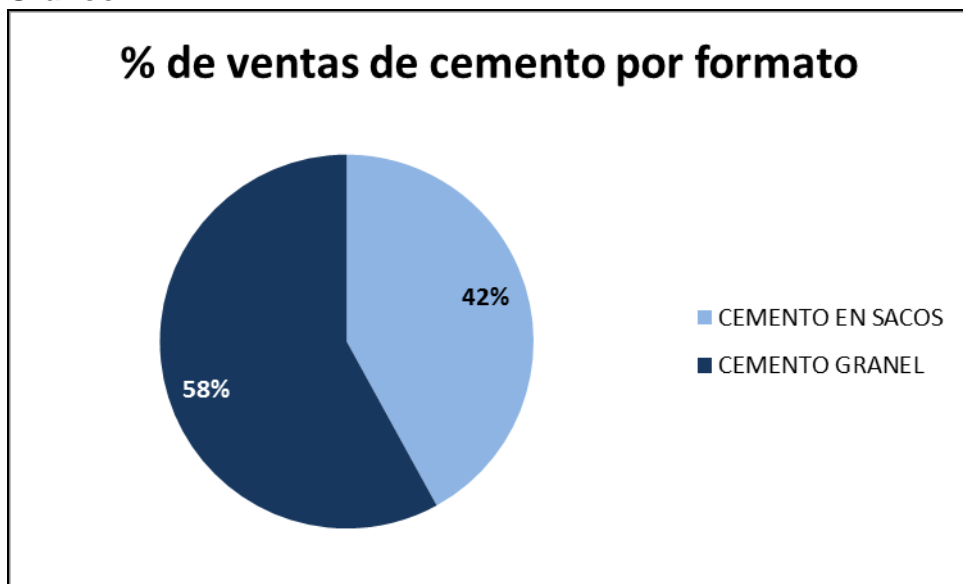


Fuente: Información interna de la compañía

<sup>3</sup> Conforme a los precios actuales de la compañía

Por formato de venta de cemento, el siguiente grafico muestra que el cemento granel representa la mayor venta en toneladas.

**Gráfico N°7**



Fuente: Información interna de la compañía

### 1.1.3 CLIENTES

El tipo de cliente que requiere cemento, lo necesita ya sea para propio consumo o bien para comercializarlo (canal de distribución de ventas). De esta forma podemos distinguir los siguientes tipos de clientes:

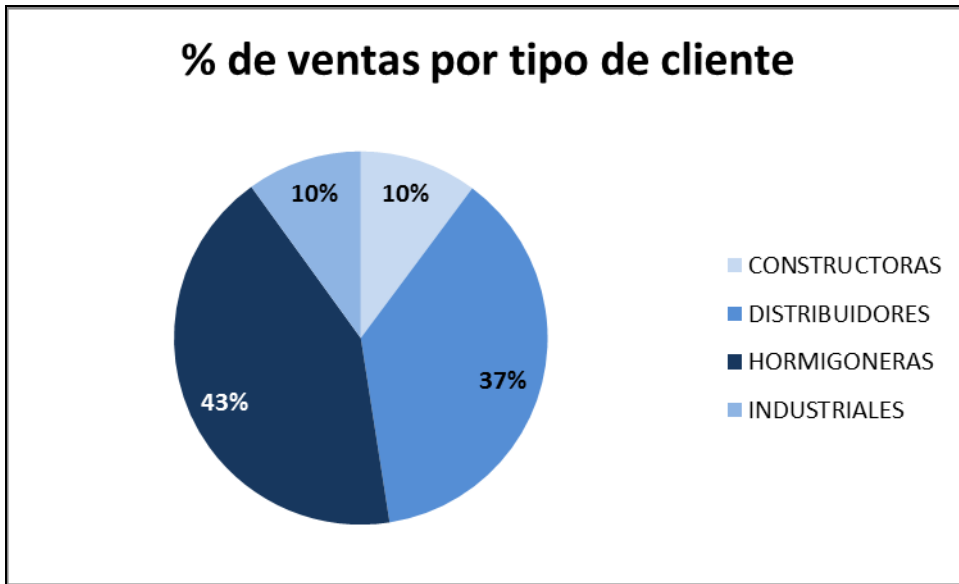
**Tabla N°2:** Utilización del fomato de cemento por tipo de clientes

TIPO CLIENTE	USO CEMENTO	FORMATO CEMENTO
Constructoras	Consumo	Sacos y granel
Distribuidores	Comercializa	Sacos y granel
Hormigoneras	Consumo	Granel
Industriales	Consumo	Sacos y granel

Fuente: Información interna de la compañía

Como se muestra en el siguiente gráfico, los clientes tipo Hormigoneras, representan el mayor porcentaje de ventas (en toneladas) de cemento (43%), seguidos por los Distribuidores (37%).

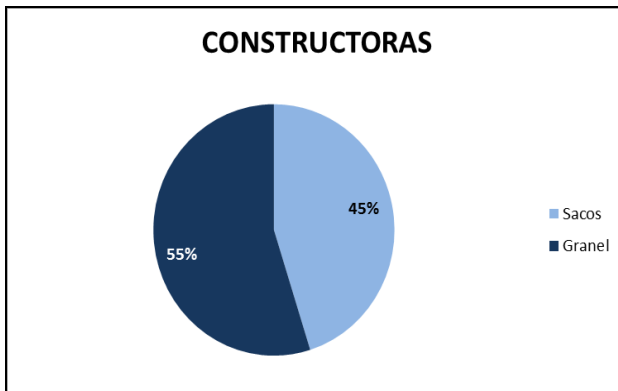
**Gráfico N°8**



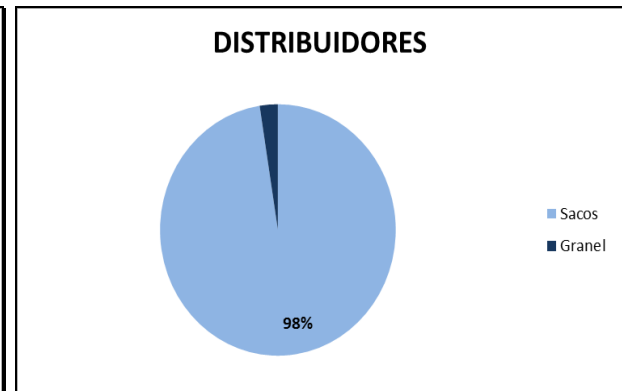
Fuente: Información interna de la compañía

En los siguientes gráficos se muestra como es la demanda por formato de cemento de los distintos tipos de cliente:

**Gráfico N°9**



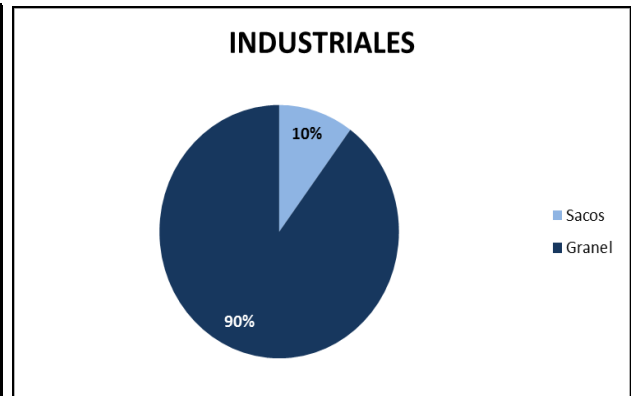
**Gráfico N°10**



**Gráfico N°11**



**Gráfico N°12**



Fuente: Información interna de la compañía

## **CAPITULO 2**

### **DESCRIPCION DEL PROYECTO Y JUSTIFICACION**

Como se planteó en el capítulo 1 de este informe, la compañía y el sector en general, tiene un foco de atención muy especial en la eficiencia de sus procesos productivos y distributivos con el objetivo de disminuir sus costos de operación y así mejorar sus márgenes de venta. También se indicó que dentro de la estrategia de la compañía, está la disminución de sus costos logísticos de distribución para la comercialización del cemento.

Dentro de las iniciativas que apuntan a la disminución de sus costos logísticos para la comercialización del cemento, está como objetivo, disminuir el costo de distribución para los clientes de la V región del país, el cual será justificado a continuación.

#### **2.1 JUSTIFICACION**

La justificación de proyecto se llevará a cabo tomando dos puntos de vista:

- Formato del producto.
- Importancia del proyecto en términos de costo (comparación con otros posibles proyectos internos de la compañía en el área de logística de cemento, como también su comparación con la competencia).

##### **2.1.1 FORMATO DE DISTRIBUCION Y COMERCIALIZACION DEL CEMENTO**

A continuación se describirá la importancia del proyecto desde el punto del formato de distribución y comercialización. Como se verá en este capítulo, si bien el cemento en formato a granel representa un 58% de las ventas totales de la compañía, su red de distribución es más sencilla y directa, con un mercado menos atomizado comparado con el mercado y red de distribución que la del cemento en formato sacos de 42,5 kg, lo que representa una gran oportunidad de mejora.

La compañía distribuye y comercializa actualmente el cemento en dos tipos de formatos:

- Cemento granel
- Cemento en sacos de 42,5 kg



**Fig 1** Cemento envasado en saco de 42,5 kg

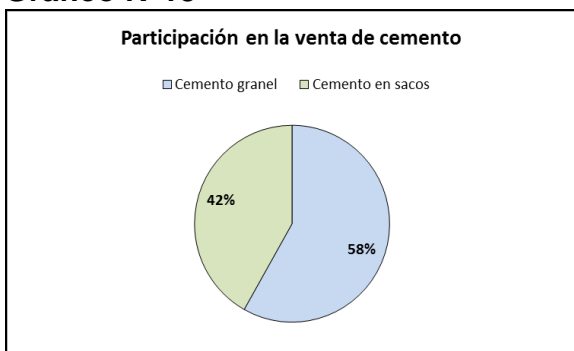


**Fig 2** Silo para transportar y comercializar el cemento a granel

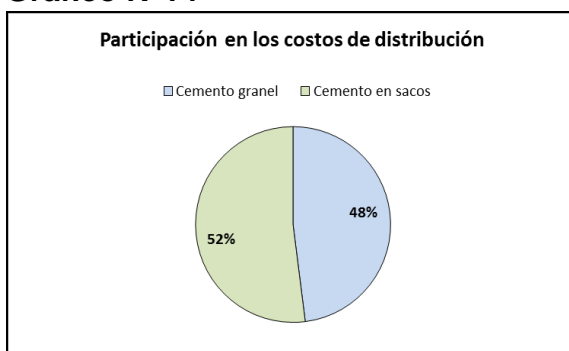
La distribución del cemento y los recursos utilizados, depende en gran medida de su formato, ya sea cemento envasado en sacos o cemento granel, ya que comparten pocos recursos para realizarla, como se verá más adelante.

Respecto a la participación en las ventas y costos de distribución, a pesar de que el porcentaje de ventas en formato granel es mayor al formato saco, este comportamiento no se da del mismo modo en los costos de distribución, como se muestra a continuación.

**Gráfico N°13**



**Gráfico N°14**



Fuente: Información interna de la compañía

A continuación se describirá la logística de distribución que tiene la compañía, y en general el sector en el país, para ambos formatos.

## Logística de distribución de cemento en formato granel:

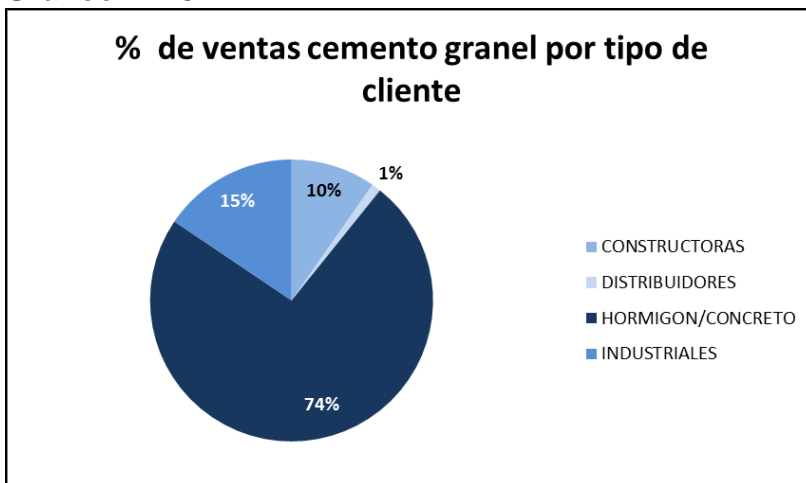
El cemento es producido por la compañía en tres plantas ubicadas en:

- Planta zona Norte ubicada en Mejillones, II región.
- Planta zona Centro ubicada en el sector norte de la Región Metropolitana.
- Planta zona Sur ubicada en Coronel, VIII región.

Cada planta produce cemento en ambos formatos, y para el formato granel, éste es almacenado en silos con capacidad de entre 1.000 y 20.000 ton.

El cemento granel es utilizado principalmente por clientes del tipo constructoras (10%), industriales (15%), hormigoneras (74%) y algunos distribuidores (1%, éstos últimos venden el cemento a constructoras). En general, el destinatario o consumidor final de este formato de cemento es una empresa constructora con una obra en ejecución que lo utiliza como materia prima para un proyecto de infraestructura, o una empresa hormigonera que lo utiliza como materia prima para producir el hormigón, o bien alguna empresa industrial que lo utiliza como materia prima para producir subproductos derivados del cemento.

**Gráfico N°15**



Fuente: Información interna de la compañía

Otro dato interesante, es que la compañía comercializa a pocos clientes que requieren este tipo de cemento (mercado concentrado), existiendo sólo 57 a lo largo del país, de los cuales sólo 20 concentran el 80% de las ventas.



**Tabla N°3:** Cantidad de clientes por rubro o tipo

TIPO CLIENTE	CANTIDAD
CONSTRUCTORAS	15
DISTRIBUIDORES	3
HORMIGONERAS	30
INDUSTRIALES	9
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>

Fuente: Información interna de la compañía

**Tabla N°4:** Porcentaje acumulado de ventas de los principales clientes

TIPO CLIENTE	% acumulado de las ventas
HORMIGONERA 1	9%
HORMIGONERA 2	17%
HORMIGONERA 3	24%
HORMIGONERA 4	30%
HORMIGONERA 5	36%
INDUSTRIAL 1	42%
INDUSTRIAL 2	46%
HORMIGONERA 6	51%
HORMIGONERA 7	54%
HORMIGONERA 8	57%
CONSTRUCTORA 1	60%
HORMIGONERA 9	63%
HORMIGONERA 10	66%
HORMIGONERA 11	68%
CONSTRUCTORA 2	71%
HORMIGONERA 12	74%
HORMIGONERA 13	75%
HORMIGONERA 14	77%
CONSTRUCTORA 3	78%
HORMIGONERA 15	80%

Fuente: Información interna de la compañía

Para llegar con el pedido de cemento al cliente (que la gran mayoría de los casos corresponde al consumidor del producto), la red de distribución es directa desde una planta al cliente (generalmente la planta de despacho es la más cercana al cliente). De ser necesario requerir inventario de cemento para cubrir fluctuaciones de demanda u otros aspectos que impidan un flujo normal de reaprovisionamiento, es el mismo cliente y en sus instalaciones, el que administra este inventario.



**Fig 3** Silo para almacenamiento de cemento granel instalado en terreno del cliente.

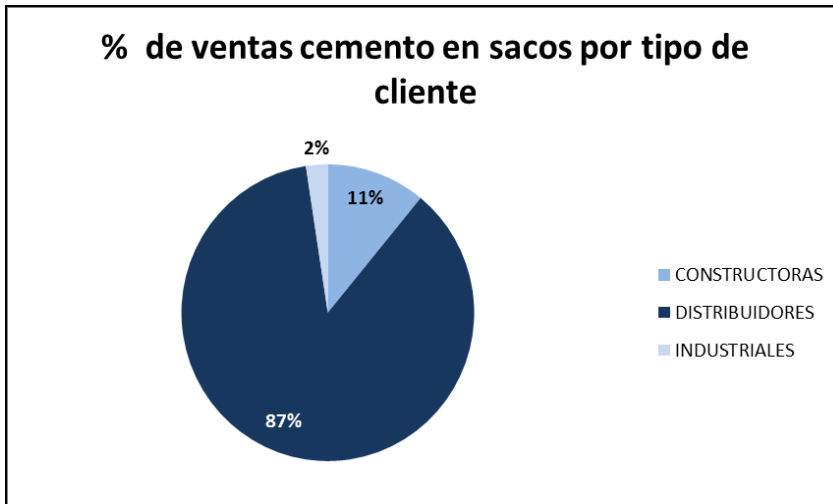
### **Logística de distribución de cemento en formato sacos de 42,5 kg**

Como se señaló anteriormente, tanto el cemento granel como el cemento en saco es producido en cada una de las tres plantas ubicadas a lo largo del país.

La producción de cemento en saco, aunque en su línea de producción se alimenta del cemento granel como materia prima, es almacenada en bodegas especialmente habilitadas para este tipo de producto.

El cemento en sacos es utilizado principalmente por clientes del tipo distribuidores (87%), como Sodimac y Construmart, y constructoras (11%). A diferencia del cemento a granel, el cliente es un eslabón más dentro de la cadena de comercialización del cemento hasta llegar al consumidor final.

**Gráfico N°16**



Fuente: Información interna de la compañía

A diferencia del cemento granel, este mercado es atomizado. La compañía comercializa este tipo de cemento a alrededor de 1.700 clientes a lo largo del país, dominado por Distribuidores como Sodimac, Easy y Construmart (que representan un 11% de las ventas totales).

**Tabla N°5:** Cantidad de clientes por rubro o tipo

TIPO CLIENTE	CANTIDAD
CONSTRUCTORAS	134
DISTRIBUIDORES	1.795
INDUSTRIALES	14
<b>TOTAL</b>	<b>1.943</b>

Fuente: Información interna de la compañía

**Tabla N°6:** Porcentaje acumulado de ventas de los principales clientes

TIPO CLIENTE	% acumulado de las ventas
SODIMAC, EASY Y CONSTRUMART	11%
DISTRIBUIDORES 2	14%
DISTRIBUIDORES 3	17%
DISTRIBUIDORES 4	19%
DISTRIBUIDORES 5	21%
DISTRIBUIDORES 6	22%

Fuente: Información interna de la compañía

El 80 % de las ventas lo representan 398 clientes.

Para llegar con el pedido de cemento al cliente, la red de distribución es más compleja que la red que utiliza el formato granel. El producto puede ser distribuido directamente desde la planta respectiva al cliente (donde generalmente también la planta de

despacho es la más cercana al cliente), o bien puede ser distribuido desde un centro de distribución, el cual es alimentado de inventario desde la planta más cercana geográficamente.

Respecto del recurso de transporte utilizado para llegar con el cemento al cliente, en este caso si se da la consolidación de carga, es decir, cada recurso utilizado (semitrailer), corresponde al pedido de uno o de varios clientes. Los pedidos que no son consolidados, corresponden a pedidos completos que utilizan el 100% de la capacidad del recurso de transporte unitario.



**Fig 4** Semitrailer utilizado para el transporte de cemento en sacos

En resumen tenemos el siguiente cuadro comparativo para ambos tipos de formato de cemento.

**Tabla N°7:** Cuadro comparativo entre la distribución de cemento a granel y sacos

TIPO DE FORMATO	CLIENTES	PUNTOS DE DESPACHO	Q PUNTOS DE DESPACHO	Q MAX CLIENTES POR UNIDAD DE TRANSPORTE
Granel	57	Solo 1	3	1
Sacos de 42,5	1.943	Más de 1	13	Más de 1

Fuente: Información interna de la compañía

Como se señaló anteriormente, la distribución de ambos tipo de formatos de cemento comparten pocos recursos, siendo estos el transporte y el recurso humano (recurso en área de despacho). En ciertos casos el cemento granel es transportado en maxi sacos, el cual es transportado en semitrailers abiertos, cuyo recurso de transporte también puede transportar cemento envasado en sacos.



**Fig 5** Maxi saco

Dada esta descripción, el esfuerzo de disminuir los costos de distribución para ambos formatos, resulta algo más complejo para la distribución de cemento en sacos, ya que su red de distribución es más compleja que para el formato granel.

Así, el esfuerzo para disminuir el costo de distribución para el formato granel, se concentra en dos iniciativas principales:

- Evaluar la implementación de silos para el transporte de cemento granel de mayor capacidad (de 28 a 30 ton).
- Buscar en el mercado capacidad ociosa para los proyectos especiales, los cuales por su particularidad de ser proyectos que tienen una duración finita (1 a 3 años), si el transportista no cuenta con capacidad instalada, deberá invertir en nuevos equipos para este proyecto, provocando que la tarifa que proponga para el servicio sea mayor que si contara con capacidad sin necesidad de invertir.

### **2.1.2 IMPORTANCIA DEL PROYECTO EN TERMINOS DE COSTOS DE DISTRIBUCION**

La compañía cuenta actualmente con una red distribución que le permite distribuir y comercializar cemento en formato sacos de 42,5 kg, desde Arica a Chiloé, utilizando sus actuales plantas o bien sus centros de distribución para el despacho de los pedidos de clientes.

Como se mencionó anteriormente, para llegar con el pedido de cemento al cliente, este puede ser despachado directamente desde cada planta, o bien puede utilizar un centro de distribución como intermediario.

Dentro de las regiones del país que tiene como cobertura de venta actualmente la compañía, la de mayor importancia en términos de cantidad de venta y costo de distribución, para este formato de cemento, es la región metropolitana de Santiago, seguida por la V región y por la VII región (Tabla N° 8).

Para la distribución de cemento en sacos en la región metropolitana, la compañía utiliza un operador logístico que tiene un centro de distribución ubicado en Santiago. Este operador tiene como objetivo realizar toda la distribución con recursos propios, recibiendo como imput los pedidos generados por los clientes de la zona, y con el cual hay un contrato a largo plazo (8 años plazo). La operación de distribución de la V región es realizada por la compañía a través de tres centros de despacho (Tabla N° 9), así como con recurso de transporte tercerizado con un conjunto de empresas que prestan este servicio (Tabla N°10).

**Tabla N°8:** Cuadro comparativo de costos y volumen de ventas de las regiones del país

Región	% participación de la venta en toneladas	% participación en los costos de distribución [\$/ton distribuída]
1	3%	7%
2	6%	7%
3	1%	1%
4	6%	12%
5	12%	10%
6	8%	8%
7	10%	11%
8	9%	8%
9	5%	6%
10	3%	5%
13	37%	25%

Fuente: Información interna de la compañía

**Tabla N°9:** Centros de despacho que abastecen a la V región

Tipo de centro de despacho	Ubicación	Administración	% de participación en el despacho
Planta productora y despachadora	Región Metropolitana	Propia	13%
Centro de Distribución	V región	Propia	52%
Centro de Distribución	Región Metropolitana	Operador logístico	35%

Fuente: Información interna de la Compañía

**Tabla N°10:** Empresas de Transporte que realizan distribución en la V región

Transportista	Centro de carga	% de participación en el despacho
Transportista 1	Planta Santiago, CD Santiago y CD V región	52%
Transportista 1	Planta Santiago y CD V región	32%
Transportista 3	Planta Santiago y CD V región	16%

Fuente: Información interna de la Compañía

Dentro de lo que corresponde la distribución de cemento en sacos, y como se muestra en la tabla N°8, la distribución en la V región de cemento en sacos representa la 2° en importancia en venta de cemento en toneladas, después de la Región Metropolitana, y la 4° en términos de costos. Estas cifras avalan en cierta forma la importancia que tiene la zona para generar un proyecto cuyo objetivo sea minimizar los costos de distribución.

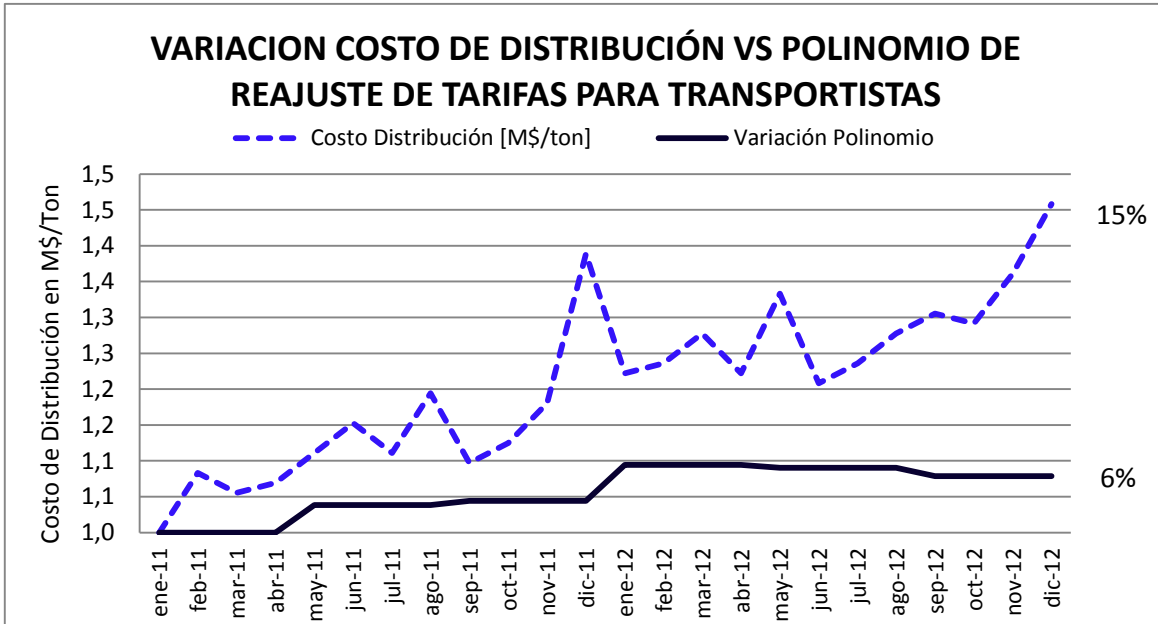
Si bien la Región Metropolitana, representa la mayor región en términos de ventas y costos de distribución, las iniciativas se enfocan a un nivel táctico, es decir, controlar las condiciones contractuales con el Operador a cargo del proceso distributivo, como generar acciones correctivas en el proceso día a día.

Otro punto de especial importancia, y que tiene en especial atención la distribución en la V región, se debe al aumento que ha tenido en los últimos 2 años (desde Enero de 2011 a Diciembre de 2012) el costo de distribución en la zona (aumento de un 15%). El gráfico N° 16 muestra cómo ha sido este aumento con respecto a la variación tarifaria de los transportistas de la V región. Si bien las tarifas para las distintas rutas han aumentado en un 6%<sup>4</sup> (establecido en sus contratos), el aumento del costo de distribución ha sido mayor que este aumento, lo que podría explicarse a ciertas ineficiencias existentes en la actual logística de distribución de la V región.

---

<sup>4</sup> Las tarifas por contrato se reajustan cada cierto período conforme a un polinomio de reajuste, que comprende variables como el petróleo diesel, dólar y el IPC

**Gráfico N°17**



Fuente: Elaboración propia a partir de Información interna de la compañía, Banco Central de Chile (variación del dólar), Servicio de Impuestos Internos (variación del IPC), y Comisión Nacional de Energía (variación del petróleo Diesel)

**Descripción y análisis de la red de distribución de cemento en sacos a clientes de la V región de la compañía respecto a uno de sus principales competidores en la región**

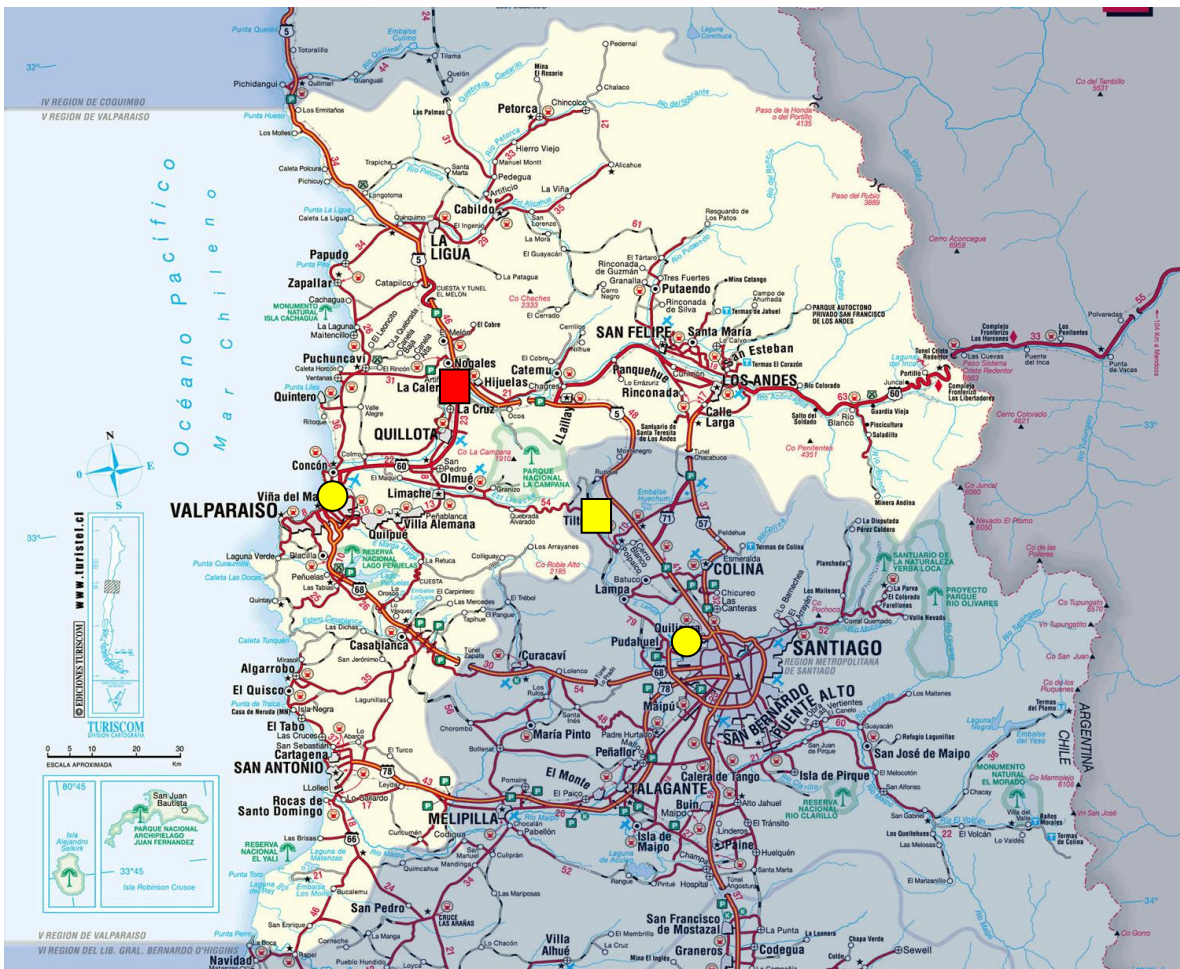
En este punto se pretende realizar un análisis comparativo entre el costo de distribución que tiene la compañía en la V región versus el costo que tiene una de las empresas de la competencia, y la que tendría mayor presencia en la zona.

La red de plantas y centros de distribución actual que utiliza tanto la compañía como la empresa competidora, para distribuir y comercializar sus productos de cemento en formato sacos a clientes de la V región, es como muestra la figura N°6.

La compañía puede realizar el despacho para algunas zonas directamente desde la planta ubicada en la R.M., o bien de alguno de sus Centros de Distribución, ya sea el ubicado en la misma R.M., o bien el ubicado en la V región.

En tanto, la empresa de la competencia realiza todos sus despachos desde su planta y centro de distribución ubicado en la comuna de La Calera.





**Fig 6** Plantas y centros de distribución de la compañía para la distribución en la V región

- Planta y centro de distribución de la competencia.
- Planta de la compañía.
- Centro de distribución de la compañía.

Para realizar un análisis comparativo de la red de distribución de ambas compañías y sus costos asociados, y así poder concluir de cierta forma, cuál de las dos compañías tiene una red más eficiente en términos de costos, se simuló en forma manual cómo habría sido esta distribución si todos los pedidos de clientes de la V región en un mes cualquiera (se seleccionó el mes de Marzo de 2013), hubiesen sido despachados desde la planta y centro de distribución de empresa competidora. Así, se realizó lo siguiente:

- Se tomó como muestra todos los pedidos de clientes realizados el mes de Marzo de 2013. Se tomó este mes como muestra ya que es el mes que cuenta con

mayor calidad de información, y como se muestra más adelante, su nivel de demanda es bastante representativo respecto del resto de los meses del año.

- Se asumió que todos estos pedidos, serían despachados de la planta de la comuna de La Calera (planta de la competencia).
- Para la medición de las distancias entre la Planta de La Calera a cada punto de consumo (clientes), se utilizó Google Maps. En este caso, y como supuesto secundario, la distancia medida fue entre la dirección exacta de la Planta al centro de cada comuna de destino. Por ejemplo, para un cliente ubicado en la comuna de Quilpué, se utilizó la distancia entre la Planta y el centro de la comuna.
- Con estos pedidos, se realizó una reprogramación manual de los despachos, sólo cambiando el origen. El resultado de esta reprogramación arroja como resultado la distancia recorrida por cada camión.
- A los camiones despachados desde cada centro de distribución (ya sea el de Viña del Mar o Región Metropolitana), se le sumó la distancia recorrida desde la planta de la empresa ubicada en la región metropolitana, ya que el producto que fue despachado desde el centro de distribución, debió ser despachado antes desde la planta a éste.
- Para la programación, se consideró sólo el cambio de origen, manteniendo constante la programación diaria de despacho. Por ejemplo, si consideramos un camión que se despachó a las comunas de Quilpué y Quillota con carga consolidada, y con origen el centro de distribución de Viña del Mar, sólo se cambió el origen a la Planta de la comuna de La Calera.
- Una vez hecha esta programación, se calculó la distancia total recorrida vs la distancia real recorrida.

El resultado de este ejercicio se muestra en la tabla N°11.

**Tabla N°11:** Cuadro comparativo de la distancia recorrida con la red de distribución actual de la compañía versus la red de la competencia

<b>Distancia real recorrida</b>	29.354 km
<b>Distancia recorrida con red de la competencia</b>	19.911 km

La tabla anterior indica que si la compañía utilizará la red de distribución de la competencia, recorrería un 32% menos en distancia que la recorrida con su red de distribución actual. Con esto se puede deducir que el costo de distribución para satisfacer los pedidos de clientes de la V región de la competencia, es menor al actual costo de distribución de la compañía, ya que a menor distancia recorrida, menor sería el consumo de combustible de los camiones que realizan la distribución, y por ende, menor sería el costo de distribución (menor sería la tarifa aplicada por la empresa que

presta el servicio para realizar la distribución). Otra deducción que se puede realizar de este resultado, es que el tiempo de traslado sería menor también.

### **Descripción y análisis de la red de distribución de cemento en sacos a clientes de la V región respecto a la distribución a clientes de la VI y VII región**

También se realizó un análisis comparativo con la distribución en otras zonas, y se tomó como muestra la zona de la VI y VII región.

El resultado fue que el costo de distribución en la VI región, es un 10% menor que el costo de distribución de la V región. En el caso del costo de distribución de la VII región, el resultado que el costo en esta última región es un 15% mayor que la V, pero esto se ve afectado debido a que el valor del traslado para reaprovisionar el centro de distribución de la VII región es mayor que el costo de traslado para reaprovisionar al centro de distribución de la R.M. y al de la V región (ya que la distancia es mayor, ver tabla N°12). Este efecto es más claro si al cálculo del costo se integra la variable distancia.

Así, si tomamos el costo de distribución por kilómetro recorrido (medido en  $\$/(\text{ton} \times \text{km})$ ), se obtiene que este costo es un 26% menor para la distribución de la VI región, y 33% menor para la distribución de la VII, ambos comparados con la distribución de la V región.

**Tabla N°12:** Distancias entre la planta de la RM y los distintos centros de distribución de la compañía

Trayecto o ruta	Distancia en km
Planta a CD de R.M.	42
Planta a CD de V región	123
Planta a CD de VI región	132
Planta a CD de VII región	240

En resumen, se tiene que dado los siguientes puntos:

- Dada la situación actual del mercado, la compañía ha puesto foco en la eficiencia de sus procesos logísticos, en especial lo que tiene que ver con la distribución.
- El costo de distribución del cemento en sacos es mayor que la de cemento a granel, a pesar que la venta de este último sea mayor.
- Si bien hay iniciativas para el proceso de distribución del cemento granel, estas tiene que ver más con un proceso de gestión y evaluación técnico económica.
- Los procesos de distribución para cemento granel y en sacos, son procesos independientes, que comparten muy pocos recursos.

- Dentro de la distribución de cemento en sacos, la realizada en la V región es la 2° de importancia en términos de volumen distribuido (después de la distribución de cemento en sacos realizada en la R.M., donde ya hay un operador Logístico a cargo del proceso distributivo cuyo contrato aún no vence).
- El costo de distribución en la V región ha aumentado un 15% en los últimos 2 años, y es comparativamente mayor que zonas similares.
- El costo de distribución en la V región de la competencia sería menor al que tiene actualmente la compañía.

El proyecto es relevante para la compañía por lo que justifica su realización.

### **Costos para la actual red de distribución**

Otro aspecto relevante que justifica el mayor costo de distribución que tiene la V región comparativamente a la competencia como a otras zonas (V y VII región), es que la asignación de carga que se realiza actualmente no considera los costos asociados, sino que sólo considera la disponibilidad de recurso disponible de transporte para cumplir con la demanda diaria.

Como se muestra en la tabla N°9, la compañía utiliza 3 centros de despacho para cumplir con los pedidos generados diariamente por sus clientes. La decisión de qué centro de despacho se realizará para un pedido en particular, es realizada en forma manual por un programador.

Para la asignación hecha por el programador, este sólo toma en cuenta la disponibilidad de camiones en cada centro de despacho para la cantidad de pedidos que se generan día a día, y no el costo involucrado en la distribución.

En el anexo 9.1 se muestra la distancia a cada comuna de la V región de acuerdo al centro de despacho que se utilice, y el porcentaje distribuido que se realizó la ruta en el mes de Marzo de 2013. Las distancias no consideran la distancia que se recorre para abastecer los centros de distribución (o centros despachadores) de Santiago y la V región desde la planta (35 y 128 km respectivamente).

De este anexo se puede desprender por ejemplo que para la comuna de Los Andes, se utilizó un 63% en CD de Santiago y sólo un 37% desde la planta, aunque la distancia desde en CD de Santiago sea mucho mayor (casi un 100% si se suma la distancia para abastecer el CD de Santiago desde la planta), y el costo de transporte asociado un 34% mayor. No obstante, y para este mismo ejemplo, los despachos desde la planta a la comuna de Los Andes están asociados a cargas completas, es decir, pedidos para un camión completo (680 sacos), lo que facilitaría el despacho directo desde planta. Aun así, y siguiendo con este ejemplo, hay despachos que se realizaron desde el CD de Santiago donde se pudo haber consolidado carga para 2 clientes con camión completo, y este haber sido despachado desde la planta a un costo menor.

## Expectativas de aumento de demanda en la zona Norte de la V región

Para la zona norte de la V región que comprende las zonas de la tabla N°6, se espera un aumento de su demanda entre un 20% para el 2013 y 2014. Un factor importante para lograr esto, es la necesidad actual de que los pedidos de clientes sean entregados a partir de las 09:00 hr, conforme a la política actual de servicio.

En forma adicional, para algunas comunas como La Calera, La Cruz y Nogales, los pedidos que son generados hasta las 11:00 hr deben entregados el mismo día, y para el resto de las comunas, todos los pedidos deben entregados al día siguiente. No obstante, con los actuales horarios con que operan los centros de distribución, más el tiempo de traslado, no se puede cumplir con este requerimiento.

**Tabla N°13.** Comunas del sector Norte de la V región que se espera crecimiento en la demanda.

Zona
La Calera
La Ligua
San Felipe
Petorca
Los Andes

## **CAPITULO 3**

### **ALCANCES DEL PROYECTO**

El alcance del proyecto sólo aborda la distribución de cemento en sacos a clientes de la V región del país, y cómo ésta impacta en sus costos de distribución.

Además habrá que abordar el impacto que tendrá un crecimiento del 20% a 25% en las ventas de la zona norte de la V región.

## **CAPITULO 4**

### **OBJETIVOS**

#### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Disminuir el costo logístico de distribución a clientes de la V región.

#### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Rediseñar la actual red de distribución de tal forma que permita cumplir con el objetivo general del proyecto. En particular, se estudiará la ubicación de los centros de distribución.
- Evaluar la actual capacidad de transporte instalada dentro de la red de distribución, de tal forma que permita aumentar el actual nivel de servicio y cumplir con las expectativas de aumento de la demanda.

## CAPITULO 5

### METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos anteriores, el trabajo se realizará de acuerdo a la siguiente metodología:

#### 5.1 EVALUAR LA ACTUAL RED DE DISTRIBUCION A TRAVES DE UN MODELO DE LOCALIZACION DE ALMACENES

Para abordar el problema de tal forma de cumplir con los objetivos propuestos, primero se rediseñara la actual red de distribución utilizada por la compañía para su distribución a clientes de la V región, de manera de disminuir el costo de distribución en la V región.

Para esta evaluación se propondrá un modelo del tipo “Warehousing Locati3n”, cuya decisi3n ser3 de tipo estrat3gica, y que debiese disminuir los costos de distribuci3n, como tambi3n satisfacer la demanda proyectada en un per3odo de 5 a3os, que incluye el aumento de demanda para la zona norte de la V regi3n.

Para el caso de la planta productora y despachadora, su ubicaci3n ser3 la actual, ya que su complejidad de tratamiento y costos asociados ameritan un propio proyecto en s3.

El modelo aplicado ser3 uno del tipo lineal con variables del tipo mixto.

#### 5.2 NIVEL DEL SERVICIO

Dentro de los objetivos espec3ficos planteados, est3 el de aumentar el nivel de servicio.

El nivel de servicio que utiliza actualmente la compa3a, se mide de acuerdo a la siguiente ecuaci3n:

$$NS = \frac{\sum_{i=1}^m PEi}{\sum_{i=1}^n PTi}$$

D3nde:

- NS: Nivel de servicio medido en porcentaje.
- PEi: Pedido en toneladas generado por cliente i, y entregado conforme a pol3tica de entrega de la compa3a, con i: 1....m (m pedidos entregados).

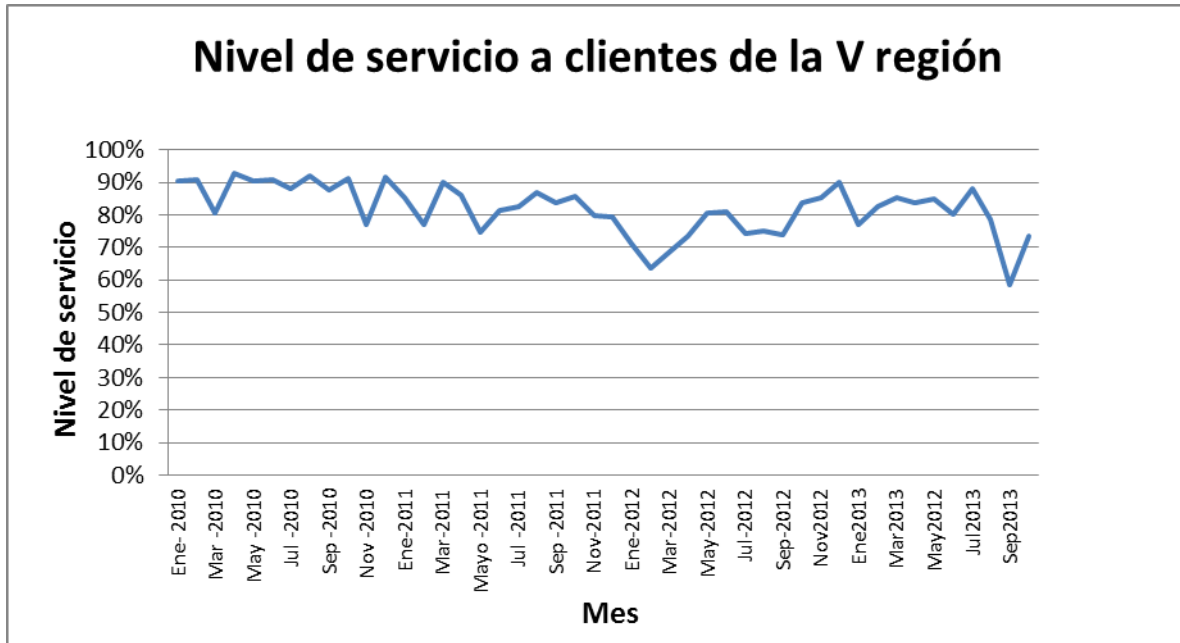
- *PTi*: Pedido en toneladas generado por cliente *i*, con *i*: 1....*n* (*n* pedidos totales).

Para lograr su aumento, se propondrán acciones que impacten en su medición, como las siguientes:

- Determinar la cantidad de camiones necesaria.
- Proponer un transportista para la V región, de tal forma que permita que el recurso de transporte sea transferible entre los diferentes CD's a utilizar conforme al resultado que entregue la nueva red de distribución.
- Redefinición de horarios de operación. Los horarios de todos los procesos operativos para la distribución en cada centro de despacho deben ser evaluados y redefinidos, de tal forma que apunten a lograr el nivel de servicio requerido por la compañía. Redefinir estos horarios permitirá llegar más temprano al cliente de lo que se está llegando actualmente.

En el gráfico siguiente se muestra la evolución del nivel de servicio a clientes de la V región.

**Gráfico N°18**



### 5.3 DETERMINACION DE LA FLOTA ÓPTIMA DE TRANSPORTE

Otro problema a abordar es determinar la cantidad óptima de la flota de transporte. Para ello el modelo lineal de rediseño de la red de distribución debería entregar una primera aproximación. Sin embargo, luego hay que abordar la variabilidad de la demanda diaria, ya que ésta impacta directamente a la cantidad de recursos requerido.



El resultado obtenido debe cumplir con el objetivo esperado, sobre todo con el nivel de servicio.

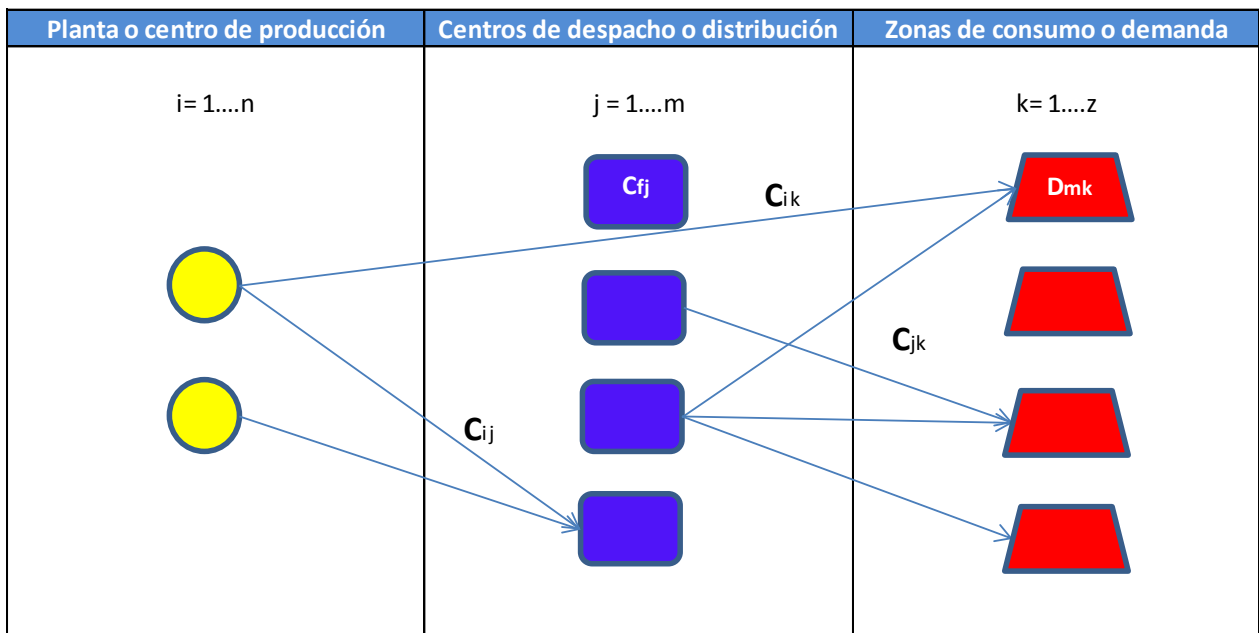
## CAPITULO 6

### MARCO CONCEPTUAL

Existen varios modelos para tratar los problemas de localización. Dentro de estos modelos, uno simple que se acerca bastante al problema en tratamiento es el siguiente.

#### 6.1 ESQUEMA DEL MODELO

El problema de localización se puede tratar como una red de nodos, donde estos representan centros de producción, zonas de consumo agregado, y centros de despacho (por ejemplo centros de distribución), que están unidos por arcos que representan el costo de transporte entre ambos nodos.



**Fig N°7** Esquema de una red de distribución con nodos y arcos.

De esta red se clasifica lo siguiente:

- Existen  $n$  plantas o centros de producción, que pueden abastecer tanto uno o más centros de despacho o distribución, o bien directamente a una o más zona de consumo.
- Existen y/o existirían  $m$  centros de despacho o distribución para abastecer a una o más zonas de consumo.

- Existen  $z$  zonas de consumo a nivel agregado.
- $C_{ij}$  corresponde al costo de transporte desde una planta  $i$  a un centro de despacho  $j$ .
- $C_{ik}$  corresponde al costo de transporte desde una planta  $i$  a una zona de consumo  $k$ .
- $C_{jk}$  corresponde al costo de transporte desde un centro de despacho o distribución  $j$  a una zona de consumo  $k$ .
- $C_{fj}$  corresponde al costo fijo de almacenamiento del centro de despacho o distribución  $j$ .
- $D_{mk}$  corresponde a la demanda en el centro de consumo  $k$ .

## **CAPITULO 7**

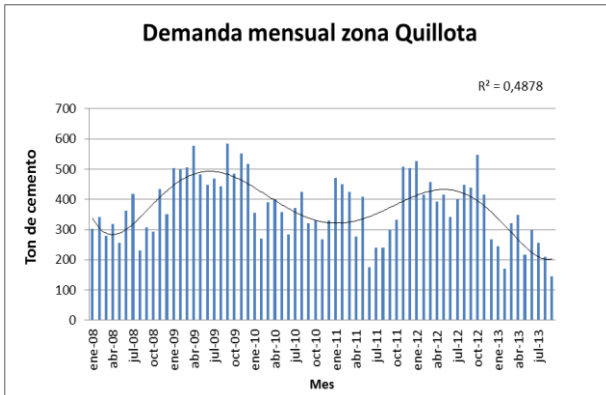
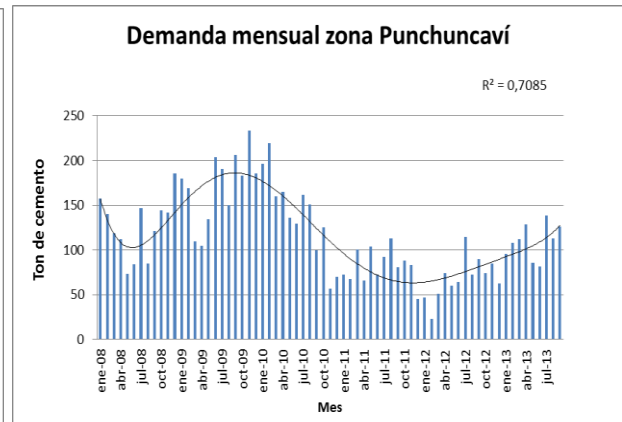
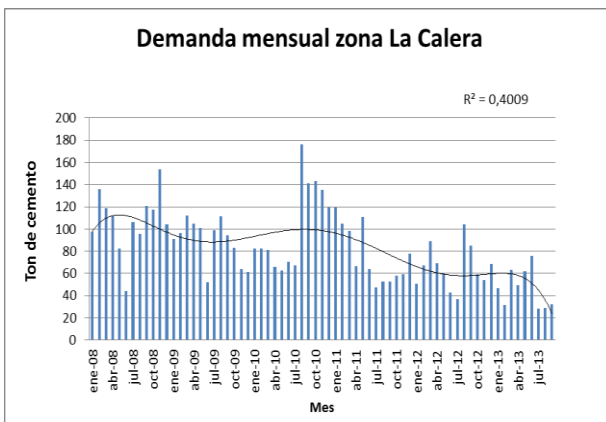
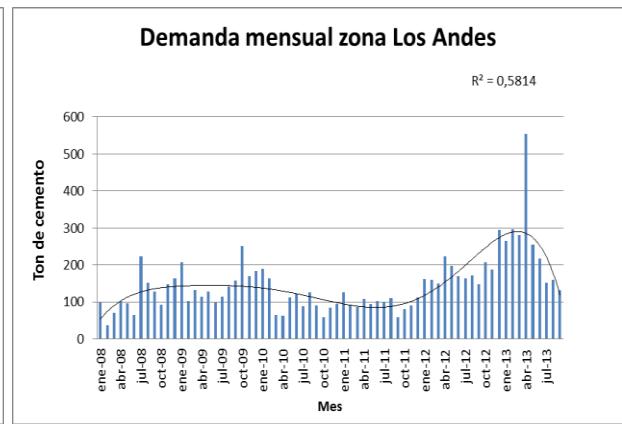
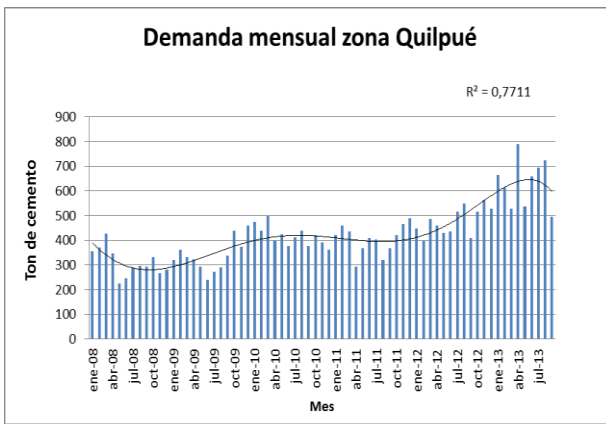
### **ANÁLISIS DE LA DEMANDA**

Para realizar un análisis de la demanda, la V región se dividió en 11 zonas que se detallan en el anexo I.

La V región está dividida en 8 provincias, una de las cuales es Isla de Pascua. Las 7 restantes se encuentran en territorio continental. Estas 7 provincias contienen 36 comunas que componen la V región. El hecho de dividir la V región en 11 zonas principales, para efectos del modelo da mayores alternativas de rediseño, que sólo contar con 7 o menos zonas que corresponderían a las provincias. Otra causa de dividir la V región en las 11 zonas definidas, y no más, es que éstas se ajustan a la actual zonificación que tiene la compañía para clasificar a sus clientes geográficamente. Si bien también éstos están registrados geográficamente por comunas, se detectó en ciertos casos que esta información no es la correcta, debiendo para ello revisar la dirección de un cliente y asignarlo en forma correcta, la cual también no siempre está correctamente ingresada.

En el anexo II, se muestran gráficamente la demanda mensual por cada zona, entre los períodos de Enero de 2008 a Septiembre de 2013, y en el anexo III se muestra las gráficas del promedio por mes de año en el mismo período.

De estos datos, y como se muestra en los gráficos siguientes, se puede visualizar que la zona de Los Andes y Quilpué, han experimentado un aumento de sus demandas en los últimos años, no así las zonas de La Calera, Puchuncaví y Quillota.



Respecto de la variabilidad mes a mes, no se presentan estacionalidades bien marcadas, manteniendo por lo general una demanda algo estable. En la tabla siguiente se indica la variabilidad de la demanda a través del Coeficiente de variación. A pesar de que este coeficiente mide la representatividad de la media, también podemos utilizarlo como medida simple de dispersión. De esta tabla se observa que la zona de Petorca es la que presenta una mayor variabilidad, siendo también esta zona la de menor demanda en toneladas respecto de las otras.

$$\text{Coeficiente de Variabilidad (C-V)} = \frac{\text{Desv. Estándar}}{\langle \text{Demanda} \rangle}$$

**Tabla N°14:** Coeficiente de variabilidad para las diferentes zonas de la V región

ZONA	< DEMANDA > [ton]	Desv. Estándar [ton]	Coeficiente de variación
ALGARROBO	241	28	0,12
LA CALERA	77	12	0,15
LA LIGUA	218	27	0,13
LOS ANDES	138	22	0,16
SAN ANTONIO	190	14	0,07
QUILPUE	391	25	0,06
SAN FELIPE	190	22	0,11
VIÑA DEL MAR	914	78	0,09
PUCHUNCAVI	108	11	0,10
PETORCA	20	5	0,26
QUILLOTA	347	33	0,10
V REGION	2.825	157	0,06

Como se había señalado en los primeros capítulos, la industria se ha logrado recuperar después de la crisis Subprime a partir del año 2011. En la tabla siguiente se muestra que algunas zonas no han mostrado este crecimiento, siendo las más afectadas la zona de La Calera, Puchuncaví y Viña del Mar.

**Tabla N°15:** Demanda anual y su variación para las distintas zonas de la V región (en ton)

ZONA	2008	2009	2010	2011	2012	Variación 2011 vs 2012
LA LIGUA	3.260	2.647	2.883	2.342	2.600	11%
LOS ANDES	1.384	1.804	1.257	1.164	2.238	92%
SAN ANTONIO	2.694	2.638	2.185	2.466	2.457	0%
QUILPUE	3.726	4.044	5.015	4.858	5.743	18%
ALGARROBO	3.502	3.433	2.593	2.659	2.973	12%
LA CALERA	1.289	1.070	1.226	912	787	-14%
SAN FELIPE	1.593	3.001	1.557	2.815	3.261	16%
VIÑA DEL MAR	13.262	10.522	9.638	13.147	11.196	-15%
PUCHUNCAVI	1.510	2.050	1.670	987	817	-17%
QUILLOTA	3.894	6.069	4.102	4.332	5.068	17%
PETORCA	338	275	247	212	217	2%
<b>V REGIÓN</b>	<b>36.452</b>	<b>37.554</b>	<b>32.374</b>	<b>35.893</b>	<b>37.357</b>	<b>4%</b>

Para el cálculo de aumento de la demanda por zona, se utilizará el crecimiento de la demanda esperado por la compañía, el cual está dado a nivel agregado en forma anual

para la V región, como también se utilizará el crecimiento esperado para la zona Norte de la misma región.

El aumento de la demanda anual para la V región incluye el aumento de la demanda en la zona norte de la misma región (ver tabla N°13), que es entre un 20% a 25% (se utilizará un 20%). Con esto, primero se calculará el aumento anual de la V región, y a este resultado, de estas zonas del sector norte, y luego este aumento dado, se calculará el aumento de demanda del resto de las zonas, en el mismo porcentaje para cada una de ellas.

El resultado de este cálculo se observan en la siguiente tabla:

**Tabla N° 16:** Proyección en 5 años de la demanda por zonas (en ton)

Sector	2013	2014	2015	2016	2017	2018
VIÑA DEL MAR	12.900	12.122	12.731	13.069	13.619	14.172
QUILPUE	7.062	6.637	6.970	7.155	7.456	7.759
QUILLOTA	3.321	3.121	3.278	3.365	3.507	3.649
ALGARROBO	3.303	3.104	3.260	3.346	3.487	3.629
LA LIGUA	3.150	3.780	4.537	4.657	4.853	5.050
LOS ANDES	2.900	3.480	4.176	4.286	4.467	4.648
SAN FELIPE	2.379	2.855	3.426	3.517	3.665	3.814
SAN ANTONIO	2.251	2.115	2.222	2.281	2.377	2.473
PUCHUNCAVI	1.168	1.098	1.153	1.184	1.234	1.284
LA CALERA	580	695	835	857	893	929
PETORCA	181	217	260	267	278	290
<b>TOTAL</b>	<b>39.196</b>	<b>39.224</b>	<b>42.848</b>	<b>43.983</b>	<b>45.836</b>	<b>47.696</b>

**Tabla N°17:** Variación de demanda proyectada por zonas

ZONA	2014	2015	2016	2017	2018
VIÑA DEL MAR	-6,0%	5,0%	2,6%	4,2%	4,1%
QUILPUE	-6,0%	5,0%	2,6%	4,2%	4,1%
QUILLOTA	-6,0%	5,0%	2,6%	4,2%	4,1%
ALGARROBO	-6,0%	5,0%	2,6%	4,2%	4,1%
LA LIGUA	20,0%	20,0%	2,6%	4,2%	4,1%
LOS ANDES	20,0%	20,0%	2,6%	4,2%	4,1%
SAN FELIPE	20,0%	20,0%	2,6%	4,2%	4,1%
SAN ANTONIO	-6,0%	5,0%	2,6%	4,2%	4,1%
PUCHUNCAVI	-6,0%	5,0%	2,6%	4,2%	4,1%
LA CALERA	20,0%	20,0%	2,6%	4,2%	4,1%
PETORCA	20,0%	20,0%	2,6%	4,2%	4,1%
<b>TOTAL</b>	<b>0,1%</b>	<b>9,2%</b>	<b>2,6%</b>	<b>4,2%</b>	<b>4,1%</b>

## CAPITULO 8

### MODELO UTILIZADO

El modelo de optimización lineal, tiene como objetivo minimizar los costos de red de distribución, y se define a continuación:

F.O:

$$MIN \sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m C_{tj} * X_{tj} + \sum_{t=1}^n \sum_{k=1}^z C_{tk} * X_{tk} + \sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^z C_{tjk} * X_{tjk} + \sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m CF_{tj} * W_{tj}$$

Dónde:

- $n = 5$ , se considera un horizonte de 5 años ( $t = 1 \dots 5$ ).
- $z = 11$ , se consideran 11 zonas de consumo ( $k = 1 \dots 11$ ).
- $m = 11$ , se consideran 11 posibles centros de distribución ( $j = 1 \dots 12$ ).
- $C_{tj}$ , corresponde al costo unitario de transporte desde la planta al centro de distribución  $j$  en el período  $t$ .
- $C_{tk}$ , corresponde al costo unitario de transporte desde la planta a la zona de consumo  $k$  en el período  $t$ .
- $C_{tjk}$ , corresponde al costo unitario de transporte desde el centro de distribución  $j$  a la zona de consumo  $k$  en el período  $t$ .
- $CF_{tj}$ , corresponde al costo fijo del centro de distribución  $j$  en el período  $t$ .
- $X_{tj}$ , corresponde a la cantidad despachada desde planta al centro de distribución  $j$  en el período  $t$ .
- $X_{tk}$ , corresponde a la cantidad despachada desde planta a la zona de consumo  $k$  en el período  $t$ .
- $X_{tjk}$ , corresponde a la cantidad despachada desde centro de distribución  $j$  a zona de consumo  $k$  en el período  $t$ .
- $W_{tj}$ , corresponde a variable binaria (0,1), e indica si el centro de distribución  $j$  se utiliza (1) o no (0) en el período  $t$ .

El modelo estaría sujeto a las siguientes restricciones:

$$- X_{tj} = X_{tk} \quad \forall j,t$$

Esta condición indica que todo lo que ingresa a un centro de distribución es igual a lo que se despacha a las zonas de consumo.

$$- X_{tk} + \sum_{j=1}^m X_{jk} = DM_{kt} \quad \forall k,t$$

Esta condición indica que todo lo que llega a una zona de consumo es igual a la demanda en esta zona.

$$- \sum_{j=1}^m W_{tj} \leq N \quad \forall t$$

Esta condición indica que la cantidad de centros de distribución debe ser menor o igual a una cantidad N de centros de distribución.

$$- X_{tj} \leq C * W_{tj} \quad \forall j,t$$

Esta condición indica que la capacidad de los centros de distribución debe ser lo suficientemente grande como para que el caso que se llegue a utilizar un solo centro de distribución. C, correspondería a un número no menor a la mayor demanda anual agregada total de las zonas:

$$C \geq \text{Max} [\sum_{k=1}^z DM_{tk}] \quad \forall j,t$$

$$- X_{tj} \geq CN * W_{tj} \quad \forall j,t$$

Esta condición indica que la cantidad a despachar desde la planta a un centro de distribución, debe ser mayor a una masa crítica dada por CN, donde CN correspondería al despacho de al menos 1 camión diario (de capacidad de 28 ton) durante un año.

$$- X_{tjk} \leq DM_{tk} * CM_{tk} \quad \forall k,t$$

Esta condición indica que lo que se decida despachar desde la planta a la zona k, no debe ser mayor a un factor  $CM_{tk}$ , por la demanda total en la zona k.  $CM_{kt}$  se muestra en la Tabla N°18.

$$- W_{tj} \geq W_{tj+1} \quad \forall j,t$$

Esta condición indica que si se realiza la apertura de un centro de distribución en la zona j en el período t ( $W_{tj} = 1$ ), este valor se debe mantener en el horizonte restante de tiempo (se debe mantener su apertura).

$$- X_{tj}, X_{tk}, X_{tjk} \geq 0 \quad \forall j,k,t$$

## 8.1 SUPUESTOS DEL MODELO

Para el modelo propuesto, que es un modelo de programación mixta, se tienen los siguientes supuestos:

- Existe solo una planta, que corresponde a la planta ubicada en la Región Metropolitana.
- Se considera un horizonte de 5 años.
- Las demandas anuales son conocidas, las cuales se agrupan en 11 centros de consumo dentro de la V región.
- Las demandas son anuales, para evitar estacionalidades y variaciones.
- No se consideran stock inicial ni final, conforme al balance en los centros de distribución, donde se estipula que todo lo que ingresa es igual a lo que sale.
- Los costos de transportes no sufren variación anualmente. Esto se fundamenta en que las posibles variaciones de costo, vienen dadas por reajustes en base a las variaciones que tengan los indicadores del polinomio de reajuste, el cual afectará a todas las tarifas de transporte en la misma medida.
- Todos los costos de transporte serán estimados a través de un modelo, utilizando las tarifas de un transportista de la zona Sur (Transportista licitado para en transporte de sacos hace 1,5 años). Esto se fundamenta a que los costos actuales de transporte para La V región no serían del todo representativos, debido a la variedad de transportistas, su nivel de infraestructura que supone costos diferenciados, como también a contratos de más de 5 años de antigüedad, que no representan fielmente la realidad de sus actuales costos. Las tarifas del transportista de la zona Sur representan más fielmente la realidad de sus costos y fueron calculadas en base a las distancias recorridas por cada ruta.
- Para los costos de almacenamiento, se considera que no se realizarán inversiones para la apertura de centros de distribución, sino que estos se arrendarán.
- Para la apertura de un centro de distribución, debe haber una masa crítica o cantidad mínima de toneladas a distribuir dada por  $CN$ . Esto ya que se considera que la utilización del camión de reaprovisionamiento desde la planta al centro de distribución, también se podría utilizar para la distribución desde el centro de distribución  $j$  a la zona  $k$ .



## 8.2 COSTOS DE TRANSPORTE

Para generar un buen efecto del modelo, todos los costos de transporte se estimarán en base a un modelo de correlación. Esto se basa en que actualmente existen 3 transportistas que realizan el transporte a la V región, ya sea directamente desde la planta o través de centros de distribución. Estos transportistas tienen diferentes estructuras de costos dada su envergadura.

Como ejemplo se tiene que el costo de transporte desde la planta al centro de distribución de la Región metropolitana, medido en \$/ton\*km, es bastante menor que el de los otros transportistas (misma condición de abastecer al centro de distribución de la V región).

También se da el hecho que existen distintos tipos de tarificación para el transporte, como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla N° 18:** Tipo de tarificación por transportista en la V región

TRANSPORTISTA	TARIFICACION 1	TARIFICACION 2
1	Variable por tonelada transportada	-
2	Variable por tonelada transportada	-
3	Variable por tonelada transportada	Fija por mes + variable por distancia recorrida

Así, para la estimación de los costos de transporte se considerarán 2 tipos de correlación.

### Modelo 1:

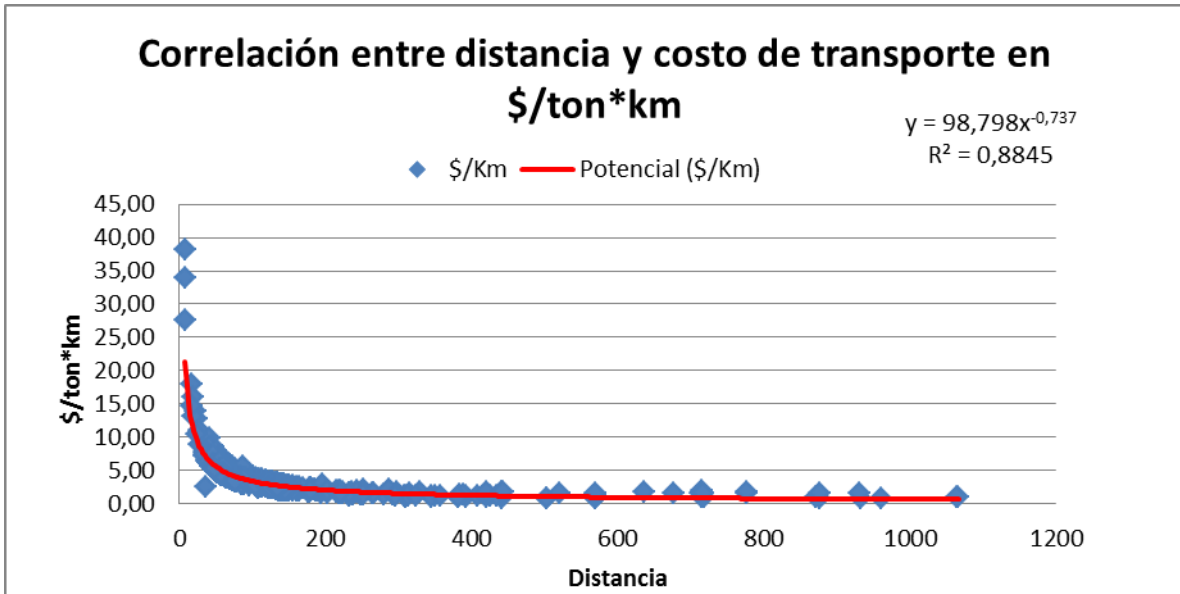
Considera el costo de transporte con carga consolidada (reparto a más de un cliente) desde un centro de distribución a una zona de consumo. Para este caso se tomarán las actuales tarifas de transporte de un transportista de la zona Sur del país, como se indicó anteriormente.

### Modelo 2:

Considera el costo de transporte directo desde planta a un centro de consumo o a un centro de distribución. Para este caso se tomarán también las actuales tarifas de transporte del transportista de la zona Sur.

En el siguiente gráfico se muestra las tarifas actuales de los transportistas de la V región.

Gráfico N° 19

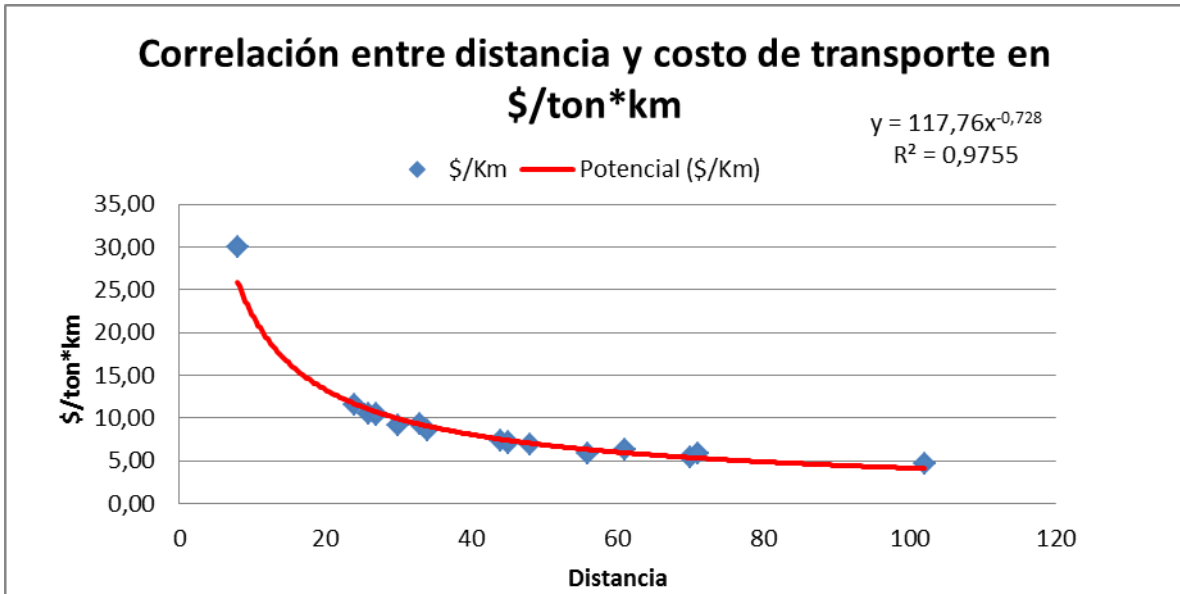


### 8.2.1 COSTO DE TRANSPORTE CON CARGA CONSOLIDADA

Para realizar la estimación, se tomó como datos de costos, las actuales tarifas de un transportista de la zona Sur del país. Este transportista se adjudicó gran parte del transporte de cemento en sacos desde la VIII a la X región del país hace aproximadamente uno y medio año atrás. Las bases de licitación con la cual se realizaron las ofertas, implicaban valores o tarifas por ruta, dependiendo si estas eran para reparto (consolidación de pedidos), o bien despachos directos desde una planta (cargas completas con a lo más 2 destinos).

Esto garantiza de cierta forma desviaciones importantes al comparar los costos de un transportista con una gran infraestructura, a una de menor tamaño, donde los costos de estos últimos son generalmente mayores, como es el caso actual para los transportistas que realizan la distribución en la V región, agregando a esto que los reajustes tarifarios no reflejan realmente la realidad de sus costos.

Gráfico N° 20



Como muestra el gráfico anterior, se tiene una buena correlación entre la distancia y el costo de distribución medido en \$/ton\*km.

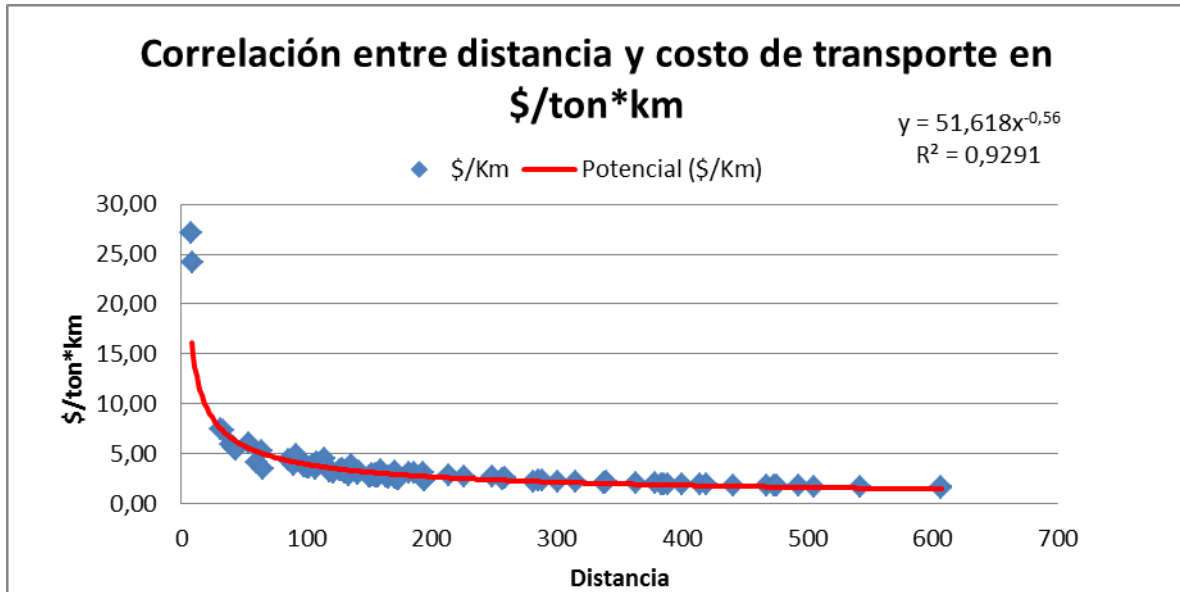
Con la ecuación potencial generada, se estimarán los costos de transporte desde un centro de distribución a una zona de consumo de acuerdo a la distancia de esta ruta.

### 8.2.2 COSTO DE TRANSPORTE CON CARGA COMPLETA

Al igual que el punto anterior, en este caso también se tomaron los costos de transporte de los transportistas de similar infraestructura.

Para este caso, se tomaron los costos para las rutas que corresponden a los despachos directos desde la planta, ya sea zonas de consumo como a centros de distribución.

**Gráfico N° 21**



Como muestra el gráfico anterior, se tiene una buena correlación entre la distancia y el costo de distribución medido en \$/ton\*km.

Con la ecuación potencial generada, se estimarán los costos de transporte desde planta, ya sea a una zona de consumo o a un centro de distribución.

Los costos estimados por ambos, se utilizarán tanto para el modelo de optimización planteado como para la condición actual, de tal forma de obtener el efecto real del rediseño de la red de distribución.

### 8.3 COSTOS DE ALMACENAMIENTO

Como se mencionó en los supuestos del modelo, la compañía no pretende invertir a la apertura de un centro de distribución, sino más bien arrendar una bodega que cumple con las siguientes condiciones.

- Galpón cerrado.
- Posea oficina de aproximadamente 6 m<sup>2</sup>.
- Posea baños y red de alcantarillado.
- Cuento con red de energía eléctrica.
- Cuento con un terreno para maniobras de los camiones, tanto para aquellos que lo abastezcan, como para los camiones de reparto.
- Accesos habilitados para camiones de más de 14 m de largo.
- Accesos cercanos a carreteras.

También se mencionó que para la apertura de un centro de distribución, estos deben tener una masa crítica de despachos. Esta masa crítica se ha determinado para efectos del modelo, que sea no menor al despacho promedio de un camión diario desde planta.

Lo anterior se basa en que si al menos se cumple con esta condición, el mismo camión podría realizar el reparto a las zonas de consumo que determine el modelo. El camión debería ser del tipo camión y carro como se muestra en la siguiente figura.



**Fig N°8** Modelo de camión más carro de arrastre.

La bodega para almacenar el cemento en sacos, debería tener una superficie de aproximadamente 200 m<sup>2</sup>. Con esta superficie se podría mantener un inventario diario de aproximadamente 3.200 sacos.

Para el modelo se considerará esta superficie como fija para la apertura de un centro de distribución.

Otro requerimiento adicional para la apertura de un Centro de Distribución, es que este opere con una grúa horquilla para el movimiento del producto el cual se recepciona y despacha en forma paletizada. Esta grúa horquilla sería operada por una persona que también sería la encargada del centro de distribución (no se requiere mayor cantidad de personas para la administración de un centro de distribución con estas características).

En resumen, tenemos que los principales costos fijos de la apertura de un centro de distribución serían:

- Arriendo mensual de la bodega.
- Gastos comunes o básicos (agua, energía eléctrica).
- Gastos de telefonía.
- Gastos de operación de grúa horquilla.
- Sueldo de una persona para su administración.

### 8.3.1 COSTO DE ARRIENDO

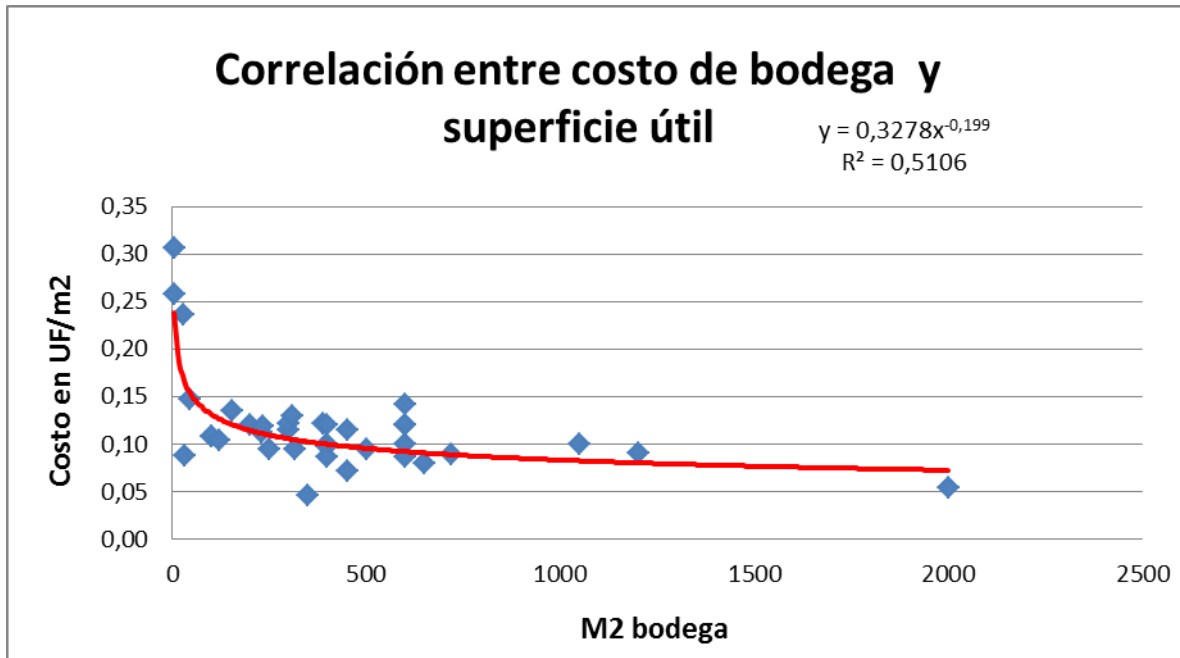
El costo de arriendo de una bodega generalmente se expresa en UF/m2 construido. Recopilando información a través de corredores de propiedades como también directamente de internet, se construyó la siguiente tabla de valores.

**Tabla N° 19:** Valores de arriendo en la V región

m2 construidos bodega	Valor UF/m2	Zona
5	0,26	Valparaíso
7	0,31	Quilpue
30	0,24	Quilpue
32	0,09	Villa Alemana
45	0,15	Valparaíso
100	0,11	Valparaíso
100	0,11	La Calera
120	0,10	Quilpue
154	0,14	Quilpue
200	0,12	Quilpue
230	0,11	San Antonio
235	0,12	Valparaíso
250	0,09	San Felipe
300	0,11	San Antonio
300	0,12	Viña del Mar
308	0,13	Quilpue
315	0,09	Valparaíso
350	0,05	Quillota
390	0,12	Viña del Mar
400	0,12	Viña del Mar
400	0,10	Placilla
400	0,10	Valparaíso
400	0,09	Placilla
450	0,11	Viña del Mar
450	0,07	Viña del Mar
500	0,09	Valparaíso
600	0,12	Quilpue
600	0,12	Viña del Mar
600	0,14	Viña del Mar
600	0,09	Quillota
600	0,10	Viña del Mar
650	0,08	Quillota
720	0,09	Viña del Mar
1050	0,10	Quillota
1200	0,09	Valparaíso
2000	0,05	San Antonio

Al correlacionar estos datos, no nos da una buena correlación en ambas variables, como se muestra en el gráfico siguiente.

**Gráfico N° 22**



Si utilizamos la ecuación de esta correlación, el valor para una bodega de 200 m<sup>2</sup> genera como resultado un valor de 0,11 UF/m<sup>2</sup>. Si bien la correlación no es buena ( $R^2 = 0,5$ ), este valor es muy cercano al valor que entrega un experto<sup>5</sup>, considerando la construcción de una bodega con estas características en cualquier zona de la V región (excepto Viña del Mar, donde ya existe un centro de distribución) con un contrato a 5 años plazo. El valor que entrega el experto fluctúa entre las 0,12 y 0,14 UF/m<sup>2</sup>.

El valor que se utilizará para el modelo será de 0,14 UF/m<sup>2</sup>, por lo que el gasto mensual en arriendo para una bodega de 200 m<sup>2</sup> sería de 28 UF/mes.

### 8.3.2 OTROS COSTOS DE ALMACENAMIENTO

Los otros costos de almacenamiento consideran los siguientes ítems:

- Gastos comunes o básicos (agua, energía eléctrica).
- Gastos de telefonía.
- Gastos de operación de grúa horquilla.
- Sueldo de una persona para su administración.

<sup>5</sup> Profesional dedicado al arriendo de bienes raíces en la V región

Para la estimación de estos gastos, se considerarán los actuales gastos de los centros de distribución que tiene la compañía.

**Tabla N° 20:** Valores de gastos promedio mensual

<b>TIPO DE GASTO</b>	<b>Valor [\$]</b>
Servicios Básicos	250.000
Telefonía	60.000
Grúa Horquilla	1.000.000
Sueldos	850.000
<b>TOTAL</b>	<b>2.160.000</b>

Con esto, el valor total de apertura de un centro de distribución sería de aproximadamente 92,77 UF/mes.



## 8.4 RESULTADOS DEL MODELO

Al aplicar el modelo utilizando el software PREMIUM SOLVER PRO y ANALYTIC SOLVER PRO. El modelo arroja el siguiente resultado:

- Apertura de un Centro de Distribución en la zona de los Andes.
- Mantener el Centro de Distribución en Viña del Mar.

Este resultado comparado con la situación actual, donde para satisfacer la demanda se utilizan los centros de distribución de Viña del Mar y la Región Metropolitana, arroja un ahorro en los costos de un 2%.

A continuación se indican los resultados en tablas:

### Resultado Optimización

Los resultados del modelo se indican en toneladas.

Desde CD de Viña del Mar

Año	Viña	Quilp.	Quill.	Algar.	La Lig.	Los And.	San Fel.	San Ant.	Puchun.	La Cal.	Petor.	TOTAL
2014	10.788	5.840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.628
2015	11.331	6.134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.465
2016	11.631	6.296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.927
2017	12.121	6.561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.682
2018	12.613	6.828	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.441
<b>TOTAL</b>	58.484	31.659	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90.143

Desde CD de Los Andes

Año	Viña	Quilp.	Quill.	Algar.	La Lig.	Los And.	San Fel.	San Ant.	Puchun.	La Cal.	Petor.	TOTAL
2014	0	0	2.778	3.104	2.268	2.088	1.656	2.115	988	695	217	15.910
2015	0	0	2.917	3.260	2.722	2.506	1.987	2.222	1.038	835	260	17.746
2016	0	0	2.995	3.346	2.794	2.571	2.040	2.281	1.066	857	267	18.216
2017	0	0	3.121	3.487	2.912	2.680	2.126	2.377	1.111	893	278	18.984
2018	0	0	3.248	3.629	3.030	2.789	2.212	2.473	1.156	929	290	19.755
<b>TOTAL</b>	0	0	15.058	16.826	13.725	12.634	10.021	11.467	5.358	4.208	1.312	90.610

Despacho desde planta a cada zona

Año	Viña	Quilp.	Quill.	Algar.	La Lig.	Los And.	San Fel.	San Ant.	Puchun.	La Cal.	Petor.	TOTAL
2014	1.333	796	343	0	1.512	1.392	1.199	0	110	0	0	6.685
2015	1.400	836	361	0	1.815	1.670	1.439	0	115	0	0	7.636
2016	1.438	859	370	0	1.863	1.715	1.477	0	118	0	0	7.840
2017	1.498	895	386	0	1.941	1.787	1.539	0	123	0	0	8.169
2018	1.559	931	401	0	2.020	1.859	1.602	0	128	0	0	8.500
<b>TOTAL</b>	7.228	4.317	1.861	0	9.151	8.423	7.256	0	594	0	0	38.830

Despacho desde planta a CD

Año	Viña	Quilp.	Quill.	Algar.	La Lig.	Los And.	San Fel.	San Ant.	Puchun.	La Cal.	Petor.	RM	TOTAL
2014	16.628	0	0	0	0	15.911	0	0	0	0	0	0	32.539
2015	17.465	0	0	0	0	17.747	0	0	0	0	0	0	35.212
2016	17.927	0	0	0	0	18.216	0	0	0	0	0	0	36.143
2017	18.682	0	0	0	0	18.985	0	0	0	0	0	0	37.667
2018	19.441	0	0	0	0	19.755	0	0	0	0	0	0	39.196
<b>TOTAL</b>	<b>90.143</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>90.613</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>180.756</b>

Se utiliza CD de Viña del Mar y Los Andes

Año	Viña	Quilp.	Quill.	Algar.	La Lig.	Los And.	San Fel.	San Ant.	Puchun.	La Cal.	Petor.	RM	TOTAL
2014	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
2015	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
2016	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
2017	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
2018	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>

## Resultado General

En el siguiente cuadro se muestra la solución generada por el modelo.

**Tabla N°21:** Costos totales del modelo en un horizonte de 5 años (optimizado)

Costo de transporte planta a CD	1.574.671.966
Costo de transporte CD a zonas	1.294.429.417
Costo de transporte planta a zonas	347.554.008
Costo de almacenamiento	334.720.320
<b>Costo TOTAL</b>	<b>3.551.375.710</b>

Y en la siguiente tabla, se muestra el resultado generado por el modelo bajo la situación base (sólo la apertura de los centros de distribución de Viña del Mar y la región Metropolitana, manteniendo el resto de los costos del modelo).

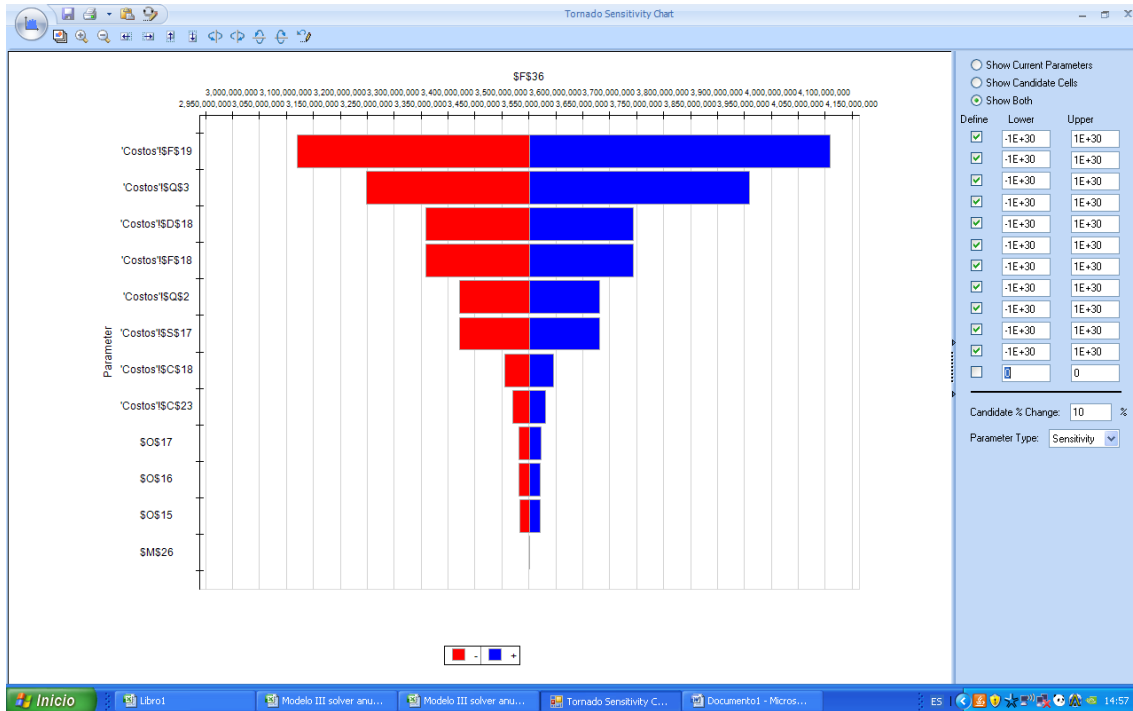
**Tabla N°22:** Costos totales del modelo en un horizonte de 5 años (situación actual)

Costo de transporte planta a CD	1.569.351.671
Costo de transporte CD a zonas	1.363.149.681
Costo de transporte planta a zonas	347.500.273
Costo de almacenamiento	334.720.320
<b>Costo TOTAL</b>	<b>3.614.721.945</b>

El detalle de los resultados generados por el sistema, se encuentra en el anexo V de este informe.

## 8.5 ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

Al generar un reporte de parámetros de sensibilidad del modelo con la herramienta ANALYTIC SOLVER PLATFORM, el resultado es el siguiente gráfico de tornado.



Donde el mayor impacto que tiene para el modelo es el costo de transporte desde la planta a cada zona k:

- La celda "Costos!\$F\$19, corresponde al exponente  $e=-0,56$  de la ecuación que arroja la correlación para determinar el costo de transporte desde planta a cada zona k.
- La celda "Costos!\$F\$18, corresponde al valor  $m=51,618$  de la ecuación que arroja la correlación para determinar el costo de transporte desde planta a cada zona k.
- La celda "Costos!\$D\$18, corresponde a un factor p (procentual), que se introdujo para variar los costos de transporte desde planta a cada zona k, de tal forma de ver las variaciones del resultado conforme a como varía esta variable.

Luego, el otro parámetro de mayor impacto en la función objetivo es el costo de transporte consolidado (desde el centro de distribución j a la zona k):

- La celda "Costos!\$Q\$3, corresponde al exponente  $e=-0,728$  de la ecuación que arroja la correlación para determinar el costo de transporte consolidado.
- La celda "Costos!\$Q\$2, corresponde al valor  $m=117,8$  de la ecuación que arroja la correlación para determinar el costo de transporte consolidado.

A continuación se verá cómo cambia la solución del modelo al realizar variaciones porcentuales en los principales parámetros (estas variaciones son las mínimas posibles desde que comienza a variar la solución).

### **VARIACION EN EL COSTO DE TRANSPORTE DESDE PLANTA A CENTROS DE DISTRIBUCION Y DESDE PLANTA A ZONAS DE CONSUMO.**

Si se realiza variaciones en los costos de distribución desde la planta a cada centro de distribución, y desde planta a cada centro de consumo, el resultado es el siguiente:

- Si se aumenta el costo en un 14%, se mantiene la solución de apertura de ambos centros de distribución, pero el de Viña del mar sólo abastecerá la zona de Viña del mar.
- Al disminuir los costos en un 30%, la solución se mantiene, pero el centro de distribución de Viña del Mar abastecería a la zona de Algarrobo.

El aumento se realizó a todos los costos  $C_{ij}$  y  $C_{tk}$  por igual, ya que su variación debería corresponder a variaciones en los indicadores macroeconómicos que impactan en sus costos (valor de dólar, remuneraciones, IPC y petróleo diesel).

### **VARIACION EN EL COSTO DE TRANSPORTE DESDE CENTROS DE DISTRIBUCION A ZONAS DE CONSUMO.**

Si se realiza variaciones en los costos de distribución desde los centros de distribución a las zonas de consumo, el resultado es el siguiente:

- Si se aumenta el costo en un 15%, se mantiene la solución de apertura de ambos centros de distribución, pero también se realiza la apertura de un nuevo centro de distribución en La Calera a partir del año 2017.
- Si se disminuye el costo en un 15%, la solución se mantiene, pero el CD de Viña del Mar solo abastece a la zona de Viña del Mar.

El aumento se realizó a todos los costos  $C_{ijk}$  por igual, ya que su variación debería corresponder a variaciones en los indicadores macroeconómicos que impactan en sus costos (valor de dólar, remuneraciones, IPC y petróleo diesel).

Si se varía en un mismo porcentaje tanto el costo de transporte desde centros de distribución a zonas de consumo, como el costo de transporte desde planta a centros de consumo o centros de distribución, la solución inicial no cambia.

## **VARIACION EN EL COSTO DE ALMACENAMIENTO.**

Si se realiza variaciones en el costo de almacenamiento, excepto el de Viña del Mar donde el costo es conocido, el resultado es el siguiente:

- Si se aumenta el costo en un 50%, se debería realizar la apertura de un centro de distribución en San Felipe, y no en Los Andes, a partir del año 2014, manteniendo el centro de distribución de Viña del Mar.
- Si se disminuye el costo en un 25%, se debería realizar la apertura de un nuevo centro de distribución en La Calera, a partir del año 2016.
- Si se disminuye el costo de almacenamiento del centro de distribución de la RM, en un 40%, y el resto se mantiene, se utiliza este centro de distribución desde el año 2014, y la apertura de un nuevo centro de distribución, en Los Andes, se realizaría a partir del año 2017.

Este último punto se analizó, ya que como el centro de distribución de la RM también distribuye a la región metropolitana, podrían existir economías de escala que hicieran disminuir el costo.

## **VARIACION EN LA DEMANDA.**

Si se realiza variaciones en la demanda de las zonas, alguno de los resultados son los siguientes:

- Si se aumenta la demanda de la zona de Viña del Mar en un 10%, la apertura de un nuevo centro de distribución se debería realizar en San Felipe, y no Los Andes.
- Si se aumenta la demanda en las zonas de Quillota, Quilpué y La Calera, la solución se mantiene.
- Si no crece en un 20% en su demanda la zona Norte de la V región, la solución se mantiene.

En este caso, se observa que variaciones del orden de un 10% en la demanda de la zona de Viña del Mar, afectan la solución.

## **VARIACIONES AL CAMBIAR LA UTILIZACION DE LOS CENTROS DE DISTRIBUCION**

Otro aspecto importante de observar en el modelo, es ver qué sucede si se obliga la apertura o no de algunos centros de distribución. El resultado es el siguiente:

- Si el centro de Viña del Mar y Los Andes no se utilizan, el modelo entrega que toda la distribución se realice desde el centro de distribución de RM, a un costo mayor que la solución óptima.
- Si el centro de Viña del Mar, Los Andes y RM no se utilizan, el modelo entrega que se debe realizar la apertura de un centro de distribución en San Felipe desde el año 2014 al 2018, y otro en La Calera desde el año 2017.

## CAPITULO 9

### FLOTA DE CAMIONES

Un aspecto importante para el desarrollo del objetivo de este proyecto, es determinar la cantidad óptima de camiones que se utilizarán conforme al resultado del modelo de optimización.

Se sabe que para el reparto a cliente en la zona de Viña del Mar, se requieren camiones de menor capacidad (200 sacos, equivalente a 8,5 ton) debido a la restricciones de ingreso a estas comunas.

Esta restricción incrementa los costos de transporte unitario (en \$/ton transportada), en aproximadamente un 20%, con respecto a un camión de reparto normal con capacidad entre 440 sacos.

El resultado que arroja el modelo de optimización, es utilizar 2 centros de distribución:

- El actual centro de distribución de Viña del Mar.
- Un nuevo centro de distribución ubicado en la zona de Los Andes.

También como resultado del modelo, se indica que la distribución a las zonas de consumo sería como indica la siguiente tabla:

**Tabla N° 23:** Zonas de consumo atendidas de los centros de distribución como resultado del modelo

ZONA DE CONSUMO	CENTRO DE DISTRIBUCION DESPACHADOR
ALGARROBO	LOS ANDES
LA CALERA	LOS ANDES
LA LIGUA	LOS ANDES
LOS ANDES	LOS ANDES
PETORCA	LOS ANDES
PUCHUNCAVI	LOS ANDES
QUILLOTA	VIÑA DEL MAR
QUILPUE	LOS ANDES
SAN ANTONIO	LOS ANDES
SAN FELIPE	LOS ANDES

ZONA DE CONSUMO	CENTRO DE DISTRIBUCION DESPACHADOR
VIÑA DEL MAR	VIÑA DEL MAR

Para el cálculo de la flota óptima, y en base a pruebas realizadas en terreno, para cada tipo de camión se estimará su capacidad de despacho promedio diario. Con esta capacidad, y en base a la variabilidad diaria de las zonas que atenderá cada centro de distribución, se realizará una estimación de cuántos camiones y su tipo se deberán tener como recursos para atender un cierto nivel de demanda. Un supuesto importante para el cálculo, es que la cantidad de camiones deberá al menos satisfacer el 85% de la demanda para las zonas atendidas.

### 9.1 TIPOS DE CAMION UTILIZADOS PARA LA CARGA CONSOLIDADA

El tipo de camión utilizado para el reparto se distingue por su capacidad. De esta forma se identifica 3 tipos de camión:

- Camión con capacidad de 200 sacos. Este tipo de camión es utilizado para el reparto en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar, debido a las restricciones de peso y tamaño que tienen estas comunas para el tránsito.
- Camión con capacidad entre 440 sacos. Este camión es utilizado para el reparto en el resto de las zonas de la V región.
- Camión 680 sacos. Este tipo de camión es raramente utilizado para el reparto, sin embargo cuando se trata de cargas completas (680 sacos), que involucren no más de 2 destinos, se utilizará este tipo de camión, cuyo origen será directo desde la planta.

Para el análisis sólo se utilizará los primeros 2 tipo de camión, ya que se desea estimar cuántos camiones requiere cada centro de distribución a utilizar.

### 9.2 CALCULO DE LA FLOTA ÓPTIMA DE CAMIONES POR CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

Como se mencionó anteriormente, para el cálculo de la flota óptima se considerará la variabilidad de la demanda agregada por las zonas que serán atendidas por cada centro de distribución que arrojó como resultado el modelo. También se utilizará la capacidad promedio diaria que tiene cada camión de reparto. Con ambos datos se calculará la cantidad de camiones requeridos para cada centro de distribución.

### 9.2.1 FLOTA PARA EL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE VIÑA DEL MAR

El centro de distribución de Viña del Mar atenderá las zonas de Viña del Mar y Quilpué, las cuales comprenden las siguientes comunas:

**Tabla N° 24:** Comunas que comprende cada zona de consumo

ZONA DE CONSUMO	SECTOR
VIÑA DEL MAR	CONCON
VIÑA DEL MAR	CURAUMA
VIÑA DEL MAR	MARGAMARGA
VIÑA DEL MAR	MIRAFLORES
VIÑA DEL MAR	PEÑABLANCA
VIÑA DEL MAR	PLACERES
VIÑA DEL MAR	PLACILLA
VIÑA DEL MAR	PLAYA ANCHA
VIÑA DEL MAR	QUINTAY
VIÑA DEL MAR	REÑACA
VIÑA DEL MAR	SAN ROQUE
VIÑA DEL MAR	VALPARAISO
VIÑA DEL MAR	VIÑA DEL MAR
QUILPUE	BELLOTO
QUILPUE	COLLIGUAY
QUILPUE	QUILPUE
QUILPUE	VILLA ALEMANA

En terreno se realizaron mediciones de cuantas vueltas podría realizar cada tipo de camión, llegando al siguiente resultado.

**Tabla N° 25:** Capacidad de transporte medida en terreno

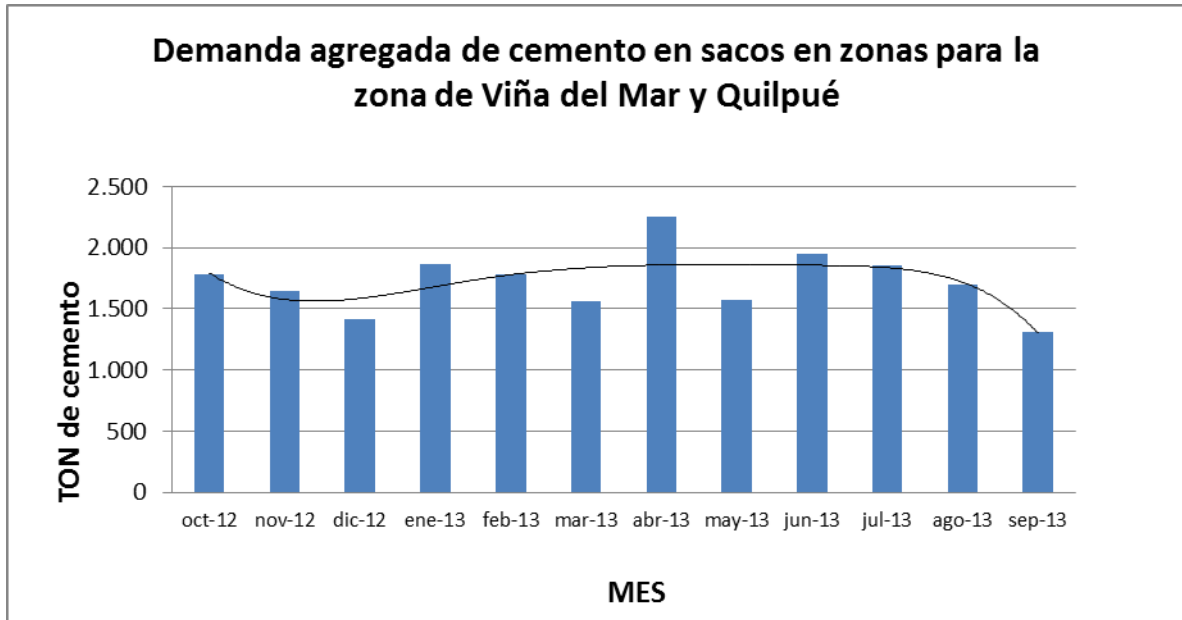
TIPO DE CAMION	CANTIDAD DE VUELTAS POR DIA	CARGA PROMEDIO POR VUELTA [ton]	CARGA TOTAL POR DIA [Ton]
200 sacos	2,5	8	20
440 sacos	3,0	17	51

Estas mediciones consideraron que los camiones deberían presentarse en el primer cliente a las 08:30 hr, y realizando entregas hasta las 19:00 hr.

Para ver la variabilidad de la demanda, se tomará como muestra el mes más alto de demanda para estas zonas durante los últimos 12 meses (a Septiembre del 2013).



**Grafico N° 23**



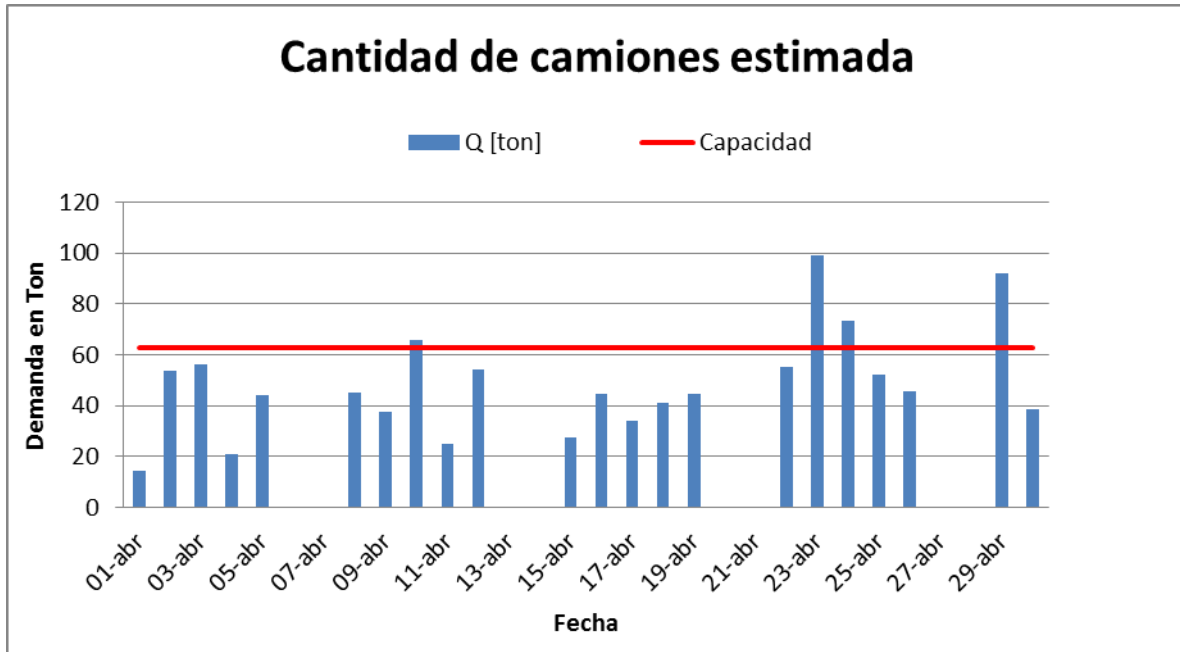
De acuerdo al gráfico anterior, el mes a utilizar será el mes de Abril.

El problema se dividirá en 2, uno que apunte a los sectores de Valparaíso y Viña del Mar, que requieren camiones de menor capacidad, y el otro que apunte al resto de las zonas.

## Flota para los sectores de Viña del Mar y Valparaíso

Se tiene el siguiente gráfico que muestra la variabilidad de demanda para el mes de Abril.

**Gráfico N° 24**



Para satisfacer al menos el 90% de la demanda, se tiene como resultado que se requieren 3 camiones de esta capacidad (200 sacos) como muestra la tabla siguiente:

**Tabla N° 26: Cantidad de camiones a utilizar para un NS de un 85%**

Q camiones 200 sacos	3
Capacidad unitaria x día	20

Día	Q [ton]	Capacidad	Q no satisfecha
01-abr	14	60	0
02-abr	54	60	0
03-abr	56	60	0
04-abr	21	60	0
05-abr	44	60	0
06-abr	0	60	0
07-abr	0	60	0
08-abr	45	60	0
09-abr	37	60	0
10-abr	66	60	3
11-abr	25	60	0
12-abr	54	60	0

Día	Q [ton]	Capacidad	Q no satisfecha
15-abr	28	60	0
16-abr	45	60	0
17-abr	34	60	0
18-abr	41	60	0
19-abr	45	60	0
22-abr	55	60	0
23-abr	99	60	39
24-abr	73	60	13
25-abr	52	60	0
26-abr	46	60	0
29-abr	92	60	32
30-abr	39	60	0

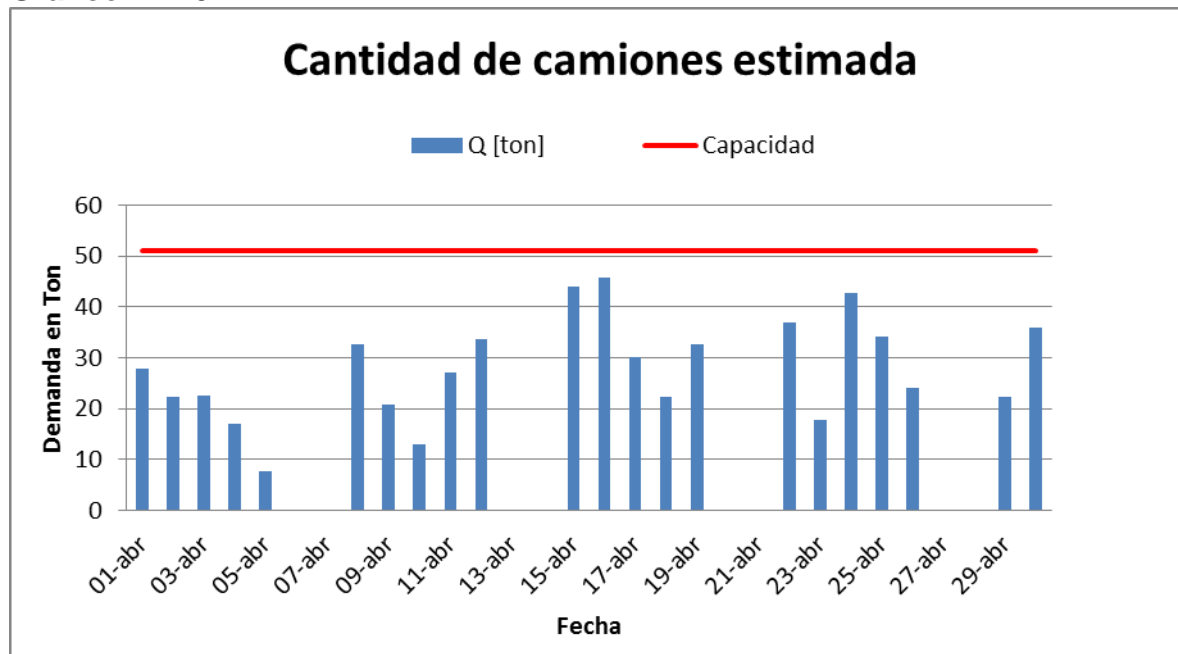
<b>TOTAL</b>	1.067	1.386	84
--------------	-------	-------	----

<b>% satisfecho sobre el total de demanda</b>	<b>92%</b>
---	------------

### Flota para el resto de los sectores de las zonas de Viña del Mar y Quilpué

Realizando el mismo ejercicios anterior, se tiene lo siguiente:

**Grafico N° 25**



Para satisfacer al menos el 90% de la demanda, se tiene como resultado que se requiere 1 camión de esta capacidad (440 sacos) como muestra la tabla siguiente:

**Tabla N° 27: Cantidad de camiones a utilizar para un NS de un 85%**

Q camiones 440 sacos	1
Capacidad unitaria x día	51

Día	Q [ton]	Capacidad	Q no satisfecha
01-abr	28	51	0
02-abr	22	51	0
03-abr	23	51	0
04-abr	17	51	0
05-abr	8	51	0
08-abr	33	51	0
09-abr	21	51	0
10-abr	13	51	0
11-abr	27	51	0
12-abr	34	51	0
15-abr	44	51	0
16-abr	46	51	0
17-abr	30	51	0
18-abr	22	51	0
19-abr	33	51	0
22-abr	37	51	0
23-abr	18	51	0
24-abr	43	51	0
25-abr	34	51	0
26-abr	24	51	0
29-abr	22	51	0
30-abr	36	51	0

<b>TOTAL</b>	614	1.122	0
--------------	-----	-------	---

<b>% satisfecho sobre el total de demanda</b>	<b>100%</b>
---	-------------

### 9.2.2 FLOTA PARA EL CENTRO DE DISTRIBUCION DE LOS ANDES

El centro de distribución de Los Andes atenderá el resto de las zonas de la V región.

Por distancia, las zonas más lejanas a este centro de distribución son Algarrobo y San Antonio, por lo que estas se tratarán en forma separada que el resto, ya que la capacidad diaria por camión utilizado para el reparto a estas zonas, disminuirá conforme a su utilización en zonas más cercanas al centro de distribución.

El tipo de camión que se utilizará para este centro de distribución será el de mayor capacidad, es decir entre 440 sacos.

En terreno se realizaron mediciones de cuantas vueltas podría realizar cada tipo de camión, conforme a la distancia de las rutas, llegando al siguiente resultado.

**Tabla N° 28:** Capacidad de transporte medida en terreno

COMBINACION DE TIPO DE RUTA	CANTIDAD DE VUELTAS POR DIA	CARGA PROMEDIO POR VUELTA [ton]	CARGA TOTAL POR DIA [Ton]
Solo lejanas	1,5	17	26
Una lejana y cercanas	2,0	17	34
Solo cercanas	3,0	17	51

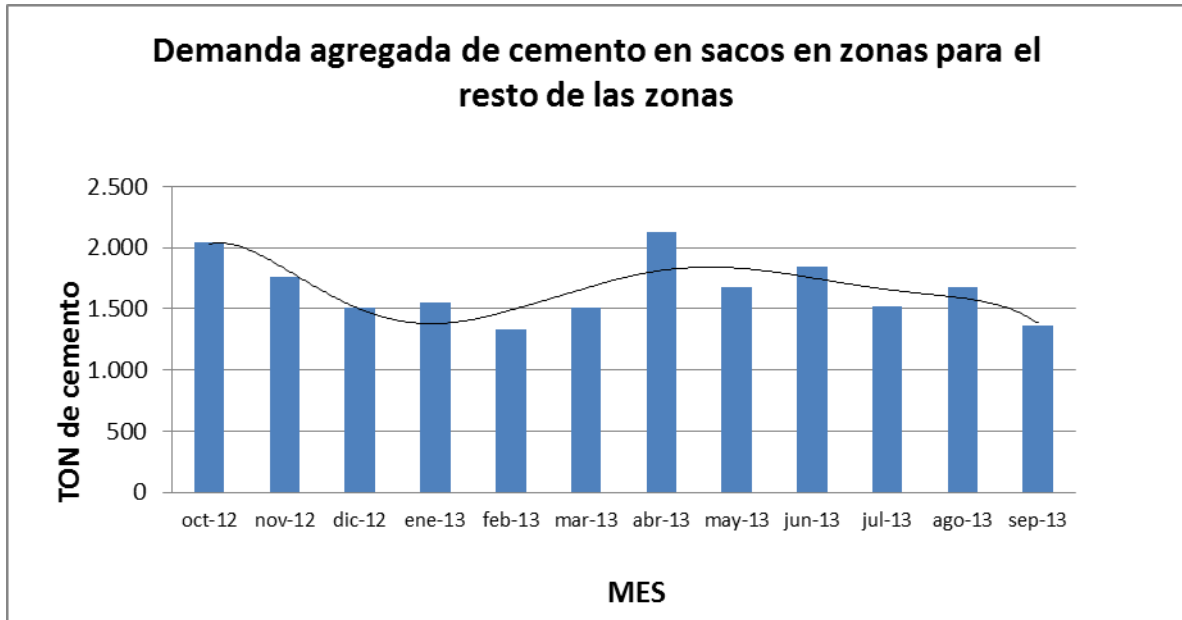
Se define como una ruta lejana, aquella ruta cuyos clientes se encuentran a más de 70 km de distancia. Con esta definición, tenemos que la clasificación de las zonas por la distancia es la siguiente (tomando como referencia el centro de distribución de Los Andes).

**Tabla N° 29:** Clasificación de zonas según su distancia

ZONA	CLASIFICACION
ALGARROBO	Lejana
LA CALERA	Lejana
LA LIGUA	Lejana
LOS ANDES	Cercana
PETORCA	Lejana
PUCHUNCAVI	Lejana
QUILLOTA	Cercana
SAN ANTONIO	Lejana
SAN FELIPE	Cercana

Para ver la variabilidad de la demanda, se tomará como muestra el mes más alto de demanda para estas zonas durante los últimos 12 meses (a Septiembre del 2013).

**Grafico N° 26**



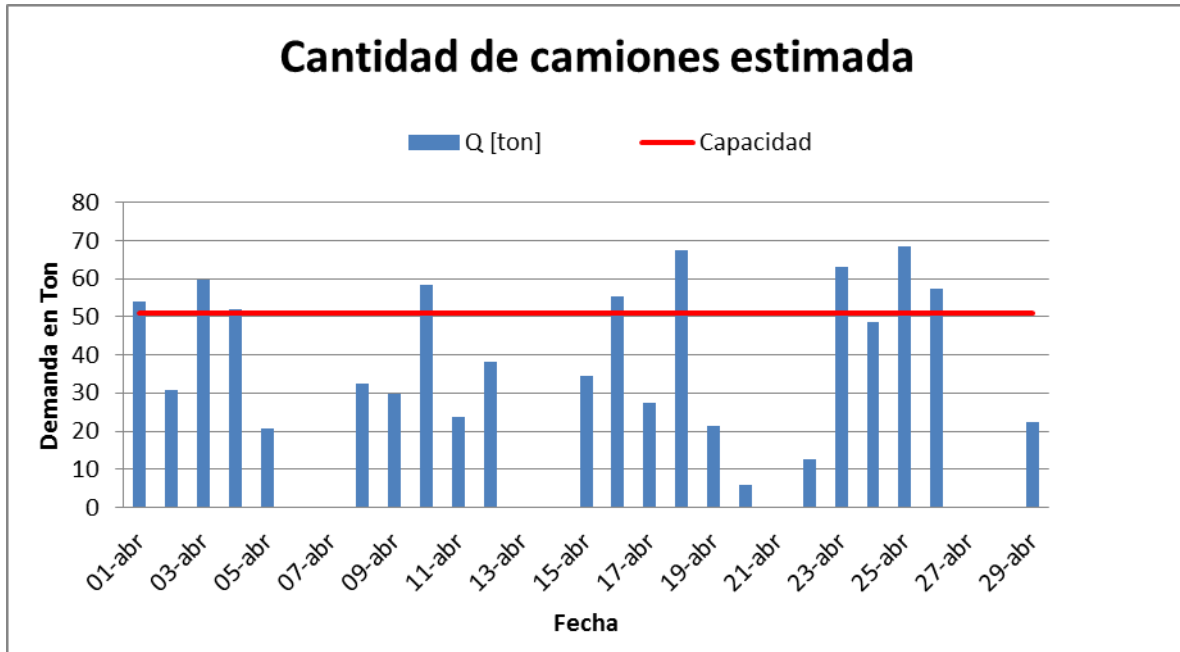
De acuerdo al gráfico anterior, el mes a utilizar será el mes de Abril.

Dada la clasificación de las zonas y la capacidad de los camiones conforme a la distancia, el problema se dividirá en 2, uno para las rutas lejanas y otro para las rutas cercanas.

## Rutas lejanas

Se tiene el siguiente gráfico que muestra la variabilidad de demanda para el mes de Abril.

**Gráfico N° 27**



Para satisfacer al menos el 90% de la demanda, se tiene como resultado que se requieren 3 camiones de esta capacidad (440 sacos) como muestra la tabla siguiente:

**Tabla N° 30: Cantidad de camiones a utilizar para un NS de un 85%**

Q camiones 440 sacos	3
Capacidad unitaria x día	17

Día	Q [ton]	Capacidad	Q no satisfecha
01-abr	54	51	3
02-abr	31	51	0
03-abr	60	51	9
04-abr	52	51	1
05-abr	21	51	0
06-abr	0	51	0
07-abr	0	51	0
08-abr	32	51	0
09-abr	30	51	0
10-abr	58	51	7
11-abr	24	51	0
12-abr	38	51	0

Día	Q [ton]	Capacidad	Q no satisfecha
15-abr	35	51	0
16-abr	55	51	4
17-abr	27	51	0
18-abr	68	51	17
19-abr	21	51	0
20-abr	6	51	0
22-abr	13	51	0
23-abr	63	51	12
24-abr	48	51	0
25-abr	68	51	17
26-abr	57	51	6
29-abr	22	51	0
30-abr	52	51	1

<b>TOTAL</b>	936	1.173	78
--------------	-----	-------	----

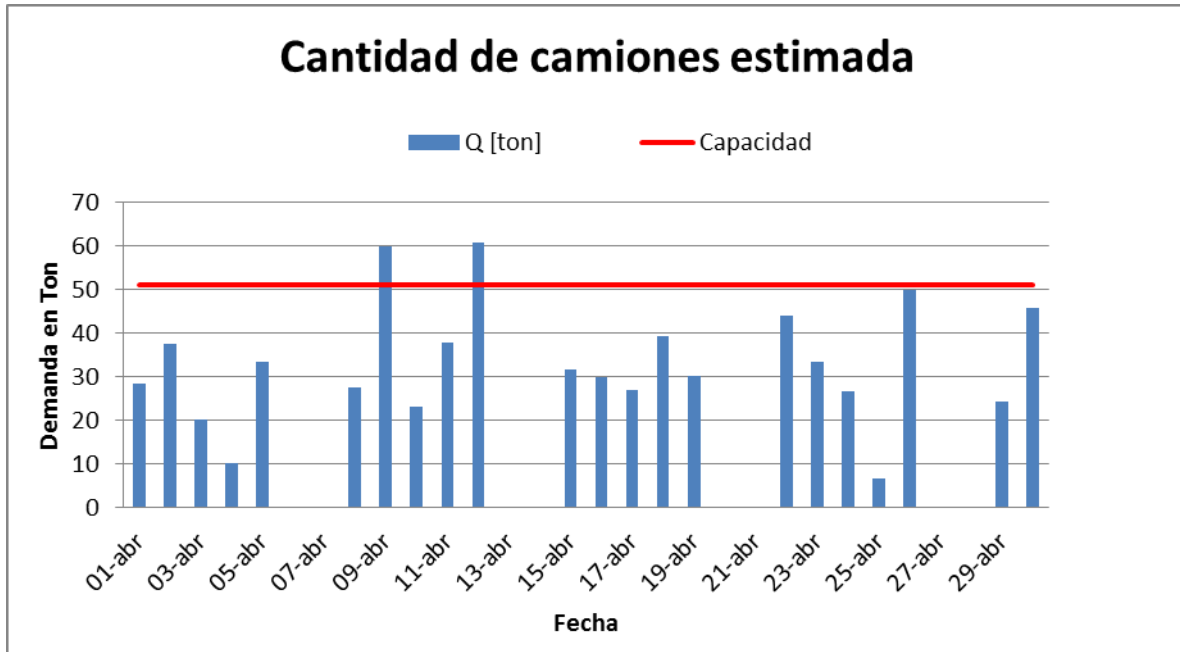
<b>% satisfecho sobre el total de demanda</b>	<b>92%</b>
---	------------



## Rutas cercanas

Realizando el mismo ejercicios anterior, se tiene lo siguiente:

**Gráfico N° 28**



Para satisfacer al menos el 90% de la demanda, se tiene como resultado que se requiere 1 camión de esta capacidad (440 sacos) como muestra la tabla siguiente:

**Tabla N° 31: Cantidad de camiones a utilizar para un NS de un 85%**

Q camiones 440 sacos	1
Capacidad unitaria x día	51

Día	Q [ton]	Capacidad	Q no satisfecha
01-abr	28	51	0
02-abr	37	51	0
03-abr	20	51	0
04-abr	10	51	0
05-abr	33	51	0
06-abr	0	51	0
07-abr	0	51	0
08-abr	28	51	0
09-abr	60	51	9
10-abr	23	51	0
11-abr	38	51	0
12-abr	61	51	10
13-abr	0	51	0
14-abr	0	51	0
15-abr	32	51	0

Día	Q [ton]	Capacidad	Q no satisfecha
16-abr	30	51	0
17-abr	27	51	0
18-abr	39	51	0
19-abr	30	51	0
22-abr	44	51	0
23-abr	33	51	0
24-abr	27	51	0
25-abr	7	51	0
26-abr	50	51	0
29-abr	24	51	0
30-abr	46	51	0

<b>TOTAL</b>	727	1.122	18
--------------	-----	-------	----

<b>% satisfecho sobre el total de demanda</b>	<b>97%</b>
---	------------

En resumen, se tiene el siguiente requerimiento de camiones por cada Centro de Distribución a utilizar:

**Tabla N° 32:** Cantidad de camiones en los centros de distribución para carga consolidada (por tipo de camión)

CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	CAMION 200 sacos	CAMION 440 sacos
VIÑA DEL MAR	3	1
LOS ANDES	0	4
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

## **CAPITULO 10**

### **CONCLUSIONES**

La importancia que tiene actualmente la compañía en generar eficiencias que permitan disminuir los costos en su logística, en especial, la distribución, ha provocado que se genere un portfolio de proyectos para lograr este objetivo. El más inmediato es disminuir el costo de distribución de cemento en formato sacos de 42,5 kg en la V región, dada su importancia en costos como en volumen, como también la oportunidad de mejora al ser una red más compleja que la distribución a granel. Aunque el mayor porcentaje de la distribución de cemento en sacos se realiza en la Región Metropolitana, con un 37% de participación a nivel nacional, esta operación la realiza actualmente un operador logístico, con el cual hay un contrato que aún no vence, pero que claramente será una oportunidad de analizar en el futuro.

Si bien la distribución a granel representa un 58% en la venta de cemento, solo representa un 48% en los costos totales de distribución. No obstante hay acciones concretas que se pueden recomendar para disminuir los costos de distribución a granel, como por ejemplo, contar con equipos de mayor capacidad, que actualmente existen en el mercado estadounidense y europeo.

De los resultados del trabajo, se puede concluir que el rediseño de la red distribución para atender a los clientes de la V región, está compuesta por 3 centros de despachos; un centro de distribución ubicado en Viña del Mar, que actualmente existe, la apertura de un centro de distribución en la comuna de Los Andes, que deberá estar ubicado en una zona con buenos accesos vehiculares y cercano a la carretera que une Santiago con la comuna, y la actual planta ubicada en la Región Metropolitana. El ahorro esperado de este rediseño, comparado con la situación base actual (utilización de los centros de distribución de Viña del Mar, Región Metropolitana y la planta), es de un 2%, equivalente a MM\$ 12,7 anuales.

Otro resultado importante, es que la cantidad de camiones total que distribuyen los pedidos a clientes, entre ambos centros de distribución, deben ser 8; 5 de capacidad de 440 sacos, y 3 con capacidad de 200 sacos, estos últimos para satisfacer la demanda en los sectores de Valparaíso y Viña del Mar. Esto considera que los camiones deben estar a las 08.30 hr en el primer cliente, lo que implica que el horario de comienzo de la operación deberá adelantarse para poder cumplir con esta condición. Con esta flota de camiones, cumpliendo con la capacidad observada en terreno, y en un horario de operación tal que puedan estar en el primer cliente a las 08:30 hr, podrían satisfacer en al menos un 90% el nivel de servicio en la V región.

El hecho de tener la apertura de un centro de distribución en la zona Norte de la V región, también asegura satisfacer de mejor forma la demanda en dicha zona, como también las expectativas de su aumento, debido a la disminución de tiempo de trayecto entre el centro de distribución de Los Andes y las zonas de consumo que atendería.

Como resultado de la sensibilización del modelo, si bien las variaciones en los parámetros implican variaciones en el resultado, estas variaciones son poco probables que ocurran, ya que la estimación de los costos en general es buena (costos de

transporte en base a tarifas de transportista de la zona Sur licitado hace 1,5 años atrás, y costos de almacenamiento en base a valores de mercado actual). Aun así, hay que refinar aún más los costos de transporte, tanto a los que corresponden a despachos directos desde planta (ya sea a uno o dos clientes o bien a un centro de distribución), como los correspondientes al reparto o carga consolidada que se realiza desde un centro de distribución, como también realizar un cálculo más afinado de las posibles economías de escala al utilizar el centro de distribución de la región metropolitana. En relación a la demanda, hay que estar alerta con las variaciones con respecto a la proyección de la demanda en la zona de Viña del Mar, que concentra el 30% de la demanda total de la V región.

En general, el resultado del modelo valida en cierta forma las expectativas que se tenían del proyecto para poder cumplir con los objetivos, que era disminuir los costos de la logística de distribución como poder satisfacer las expectativas de aumento de la demanda en la zona Norte de la región. El modelo utilizado también podría ser replicable a otras regiones del país, como la VI y VII región.

Adicionalmente a las recomendaciones anteriores, se sugiere contar con un solo transportista en la región, que sólo preste el servicio de transporte. También generar cláusulas contractuales con el transportista que asegure un incentivo a la entrega a tiempo de los pedidos de clientes (incentivar cumplir con las políticas de entrega de la compañía). Este incentivo debe ser tanto para el mismo transportista como también para el recurso humano que utilice (choferes y personal de carga y descarga), de tal forma de cumplir con el rendimiento observado de cada unidad de transporte (cantidad de vueltas diarias por tipo de camión). También se sugiere buscar una bodega ya construida y que cumpla con las condiciones especificadas, de esta forma se podría generar un contrato al menor plazo posible, quizás a un año plazo con renovación anual, en caso que se requiera realizar un cambio dentro del horizonte de 5 años.

## **CAPITULO 11**

### **BIBLIOGRAFIA**

- [1]** MATÍAS JAIME EBENSPERGER PALACIOS. 2009. Una formulación para el problema de ruteo de vehículos con tiempo de viaje dependientes del tiempo para la actualización de rutas con información en tiempo real.
- [2]** JAIME ANDRÉS RAMOS RAMOS, 2013. Diseño de una red de centros de distribución para una cadena de supermercados.
- [3]** HAMDY A. TAHA, 5° EDICION. Investigación de Operaciones.
- [4]** LUIS MARCELO AGUILA GAETE, 1997. Redefinición de la red de distribución física, de una empresa de consumo masivo.

## CAPITULO 12

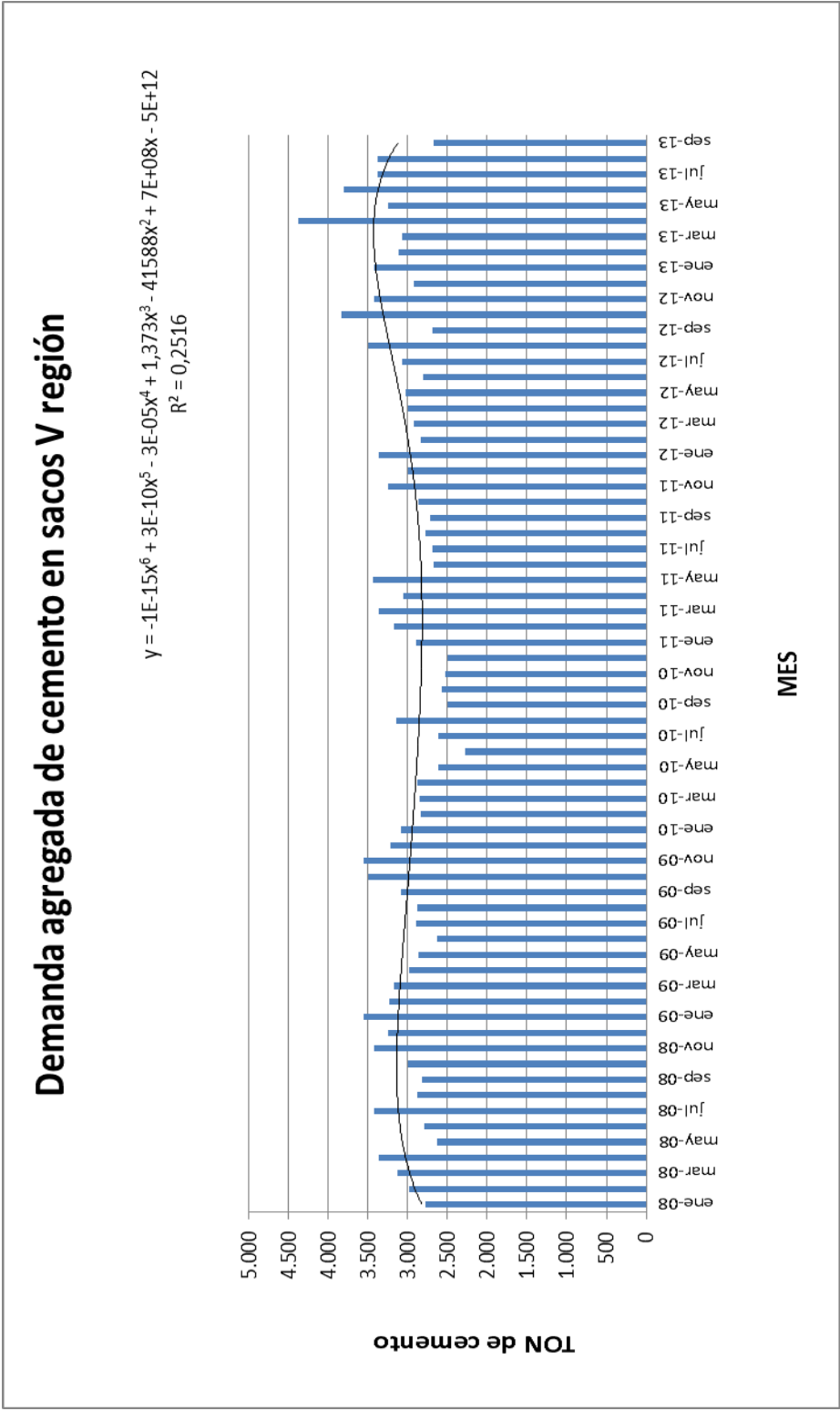
### ANEXOS

#### ANEXO I: ZONIFICACIÓN V REGION

SECTOR	ZONA
ALGARROBO	ALGARROBO
CASABLANCA	ALGARROBO
EL QUISCO	ALGARROBO
EL TABO	ALGARROBO
ISLA NEGRA	ALGARROBO
TUNQUEN	ALGARROBO
CALERA	LA CALERA
EL MELON	LA CALERA
HIJUELAS	LA CALERA
LA CALERA	LA CALERA
LA CRUZ	LA CALERA
NOGALES	LA CALERA
CABILDO	LA LIGUA
CACHAGUA	LA LIGUA
CATAPILCO	LA LIGUA
CHINCOLCO	LA LIGUA
LA LIGUA	LA LIGUA
PAPUDO	LA LIGUA
ZAPALLAR	LA LIGUA
CALLE LARGA	LOS ANDES
CATEMU	LOS ANDES
LOS ANDES	LOS ANDES
RINCONADA	LOS ANDES
SAN ESTEBAN	LOS ANDES
PETORCA	PETORCA
HORCON	PUCHUNCAVI
MAITENCILLO	PUCHUNCAVI
PUCHUNCAVI	PUCHUNCAVI
QUINTERO	PUCHUNCAVI
VENTANAS	PUCHUNCAVI
LIMACHE	QUILLOTA
OLMUE	QUILLOTA
QUILLOTA	QUILLOTA
BELLOTO	QUILPUE
COLLIGUAY	QUILPUE
QUILPUE	QUILPUE
VILLA ALEMANA	QUILPUE

SECTOR	ZONA
CARTAGENA	SAN ANTONIO
COSTA AZUL	SAN ANTONIO
LAS CRUCES	SAN ANTONIO
LLO LLEO	SAN ANTONIO
SAN ANTONIO	SAN ANTONIO
SAN SEBASTIAN	SAN ANTONIO
SANTO DOMINGO	SAN ANTONIO
CURIMON	SAN FELIPE
LLAILLAY	SAN FELIPE
PANQUEHUE	SAN FELIPE
PUTAENDO	SAN FELIPE
SAN FELIPE	SAN FELIPE
SANTA MARIA	SAN FELIPE
CONCON	VIÑA DEL MAR
CURAUMA	VIÑA DEL MAR
MARGAMARGA	VIÑA DEL MAR
MIRAFLORES	VIÑA DEL MAR
PEÑABLANCA	VIÑA DEL MAR
PLACERES	VIÑA DEL MAR
PLACILLA	VIÑA DEL MAR
PLAYA ANCHA	VIÑA DEL MAR
QUINTAY	VIÑA DEL MAR
REÑACA	VIÑA DEL MAR
SAN ROQUE	VIÑA DEL MAR
VALPARAISO	VIÑA DEL MAR
VIÑA DEL MAR	VIÑA DEL MAR

**ANEXO II: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA AGREGADA EN LA V REGION Y POR ZONA**

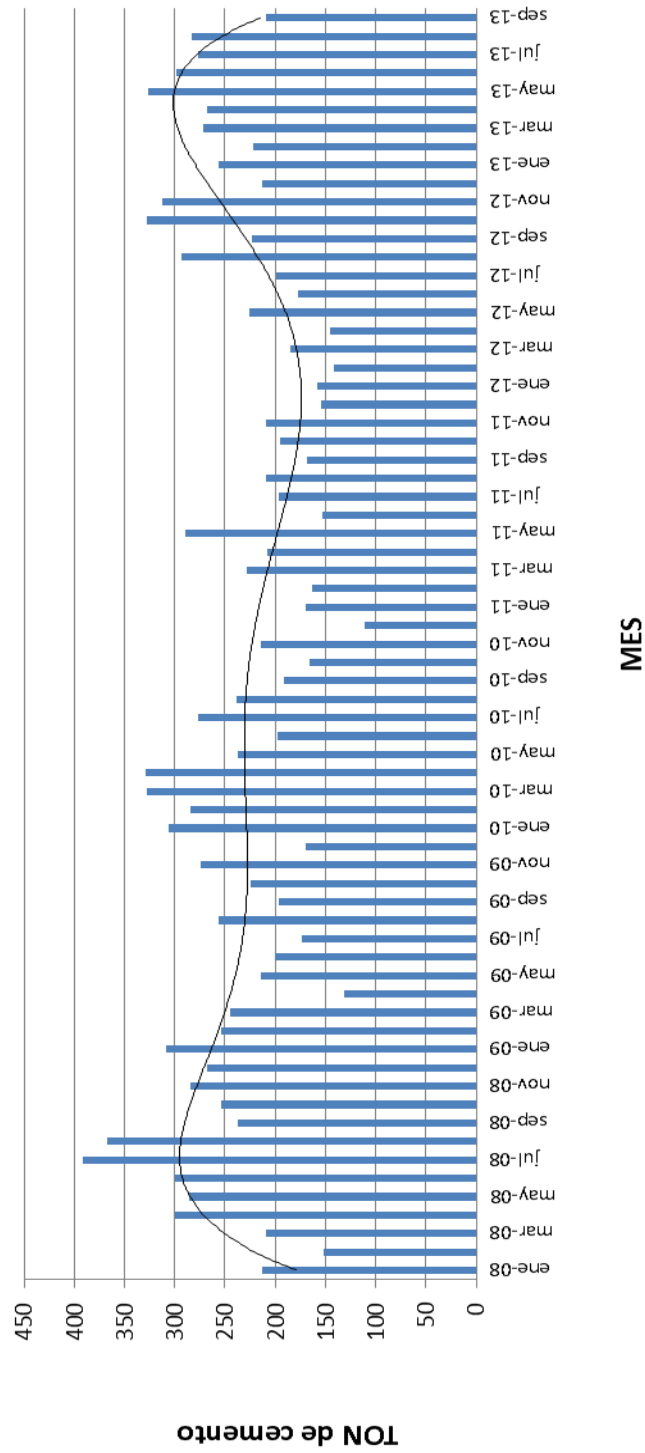




## Demanda agregada de cemento en sacos zona La Ligua

$$y = -9E-16x^6 + 2E-10x^5 - 2E-05x^4 + 1,1419x^3 - 34650x^2 + 6E+08x - 4E+12$$

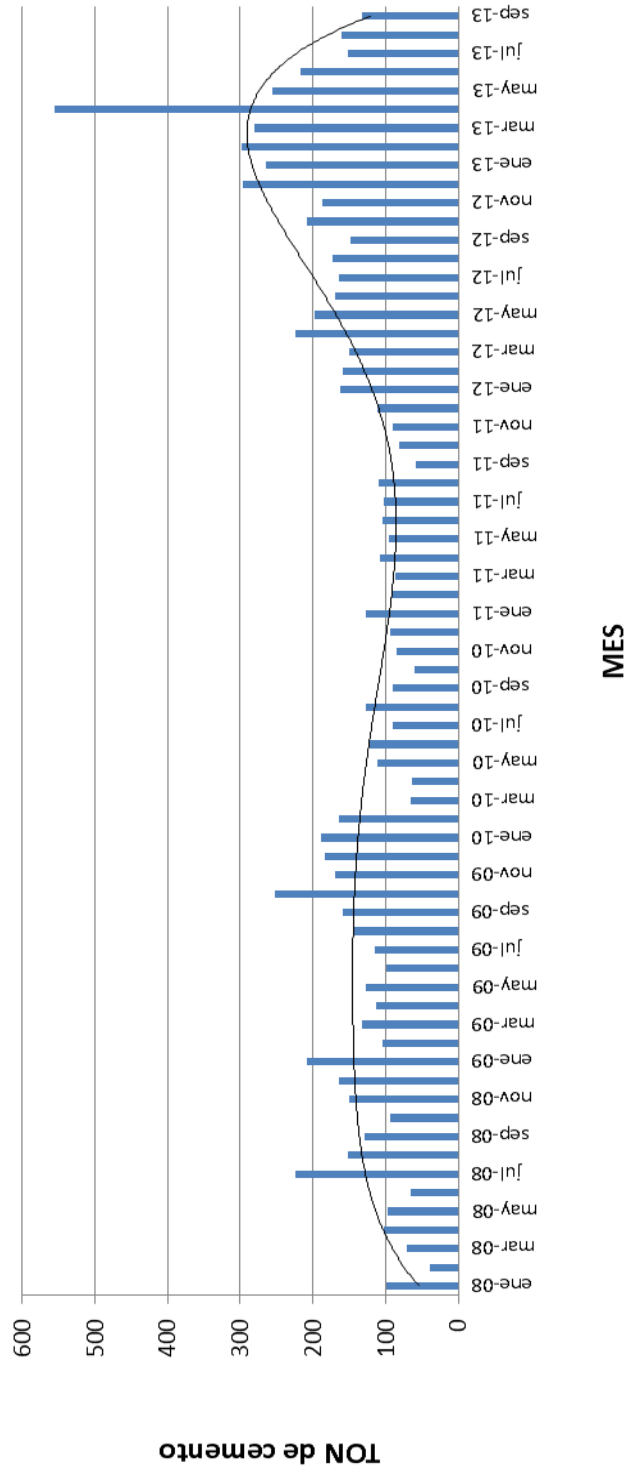
$$R^2 = 0,3835$$



## Demanda agregada de cemento en sacos zona La Ligua

$$y = -5E-16x^6 + 1E-10x^5 - 1E-05x^4 + 0,6544x^3 - 19789x^2 + 3E+08x - 2E+12$$

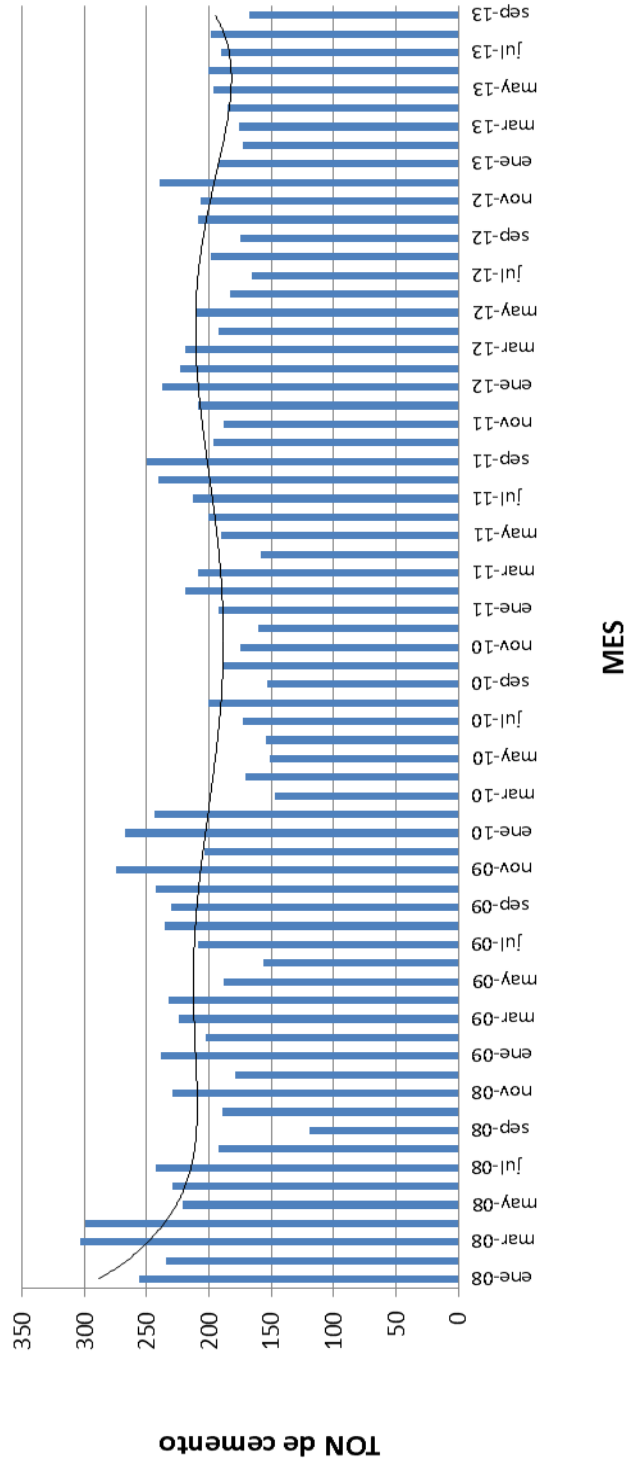
$R^2 = 0,5814$



## Demanda agregada de cemento en sacos zona San Antonio

$$Y = 3E-16x^6 - 8E-11x^5 + 8E-06x^4 - 0,4133x^3 + 12557x^2 - 2E+08x + 1E+12$$

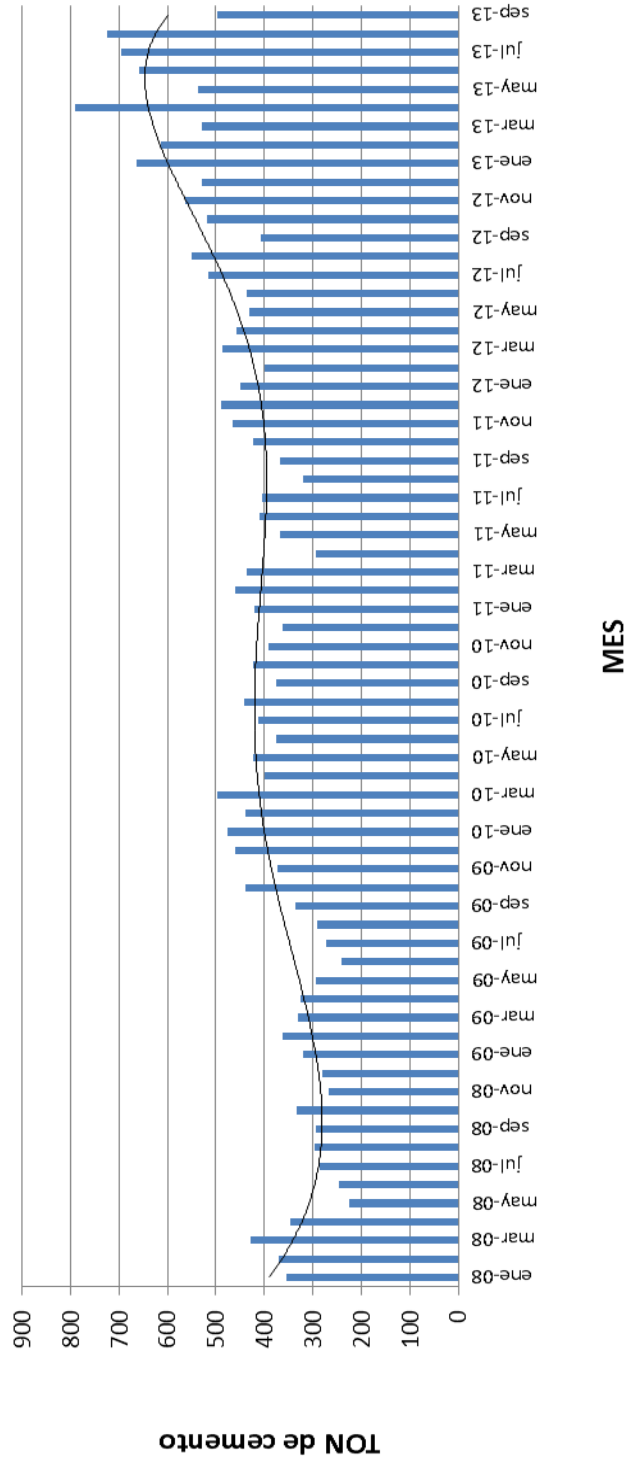
$R^2 = 0,2509$



## Demanda agregada de cemento en sacos zona Quilpue

$$Y = -4E-16x^6 + 9E-11x^5 - 9E-06x^4 + 0,4745x^3 - 14299x^2 + 2E+08x - 2E+12$$

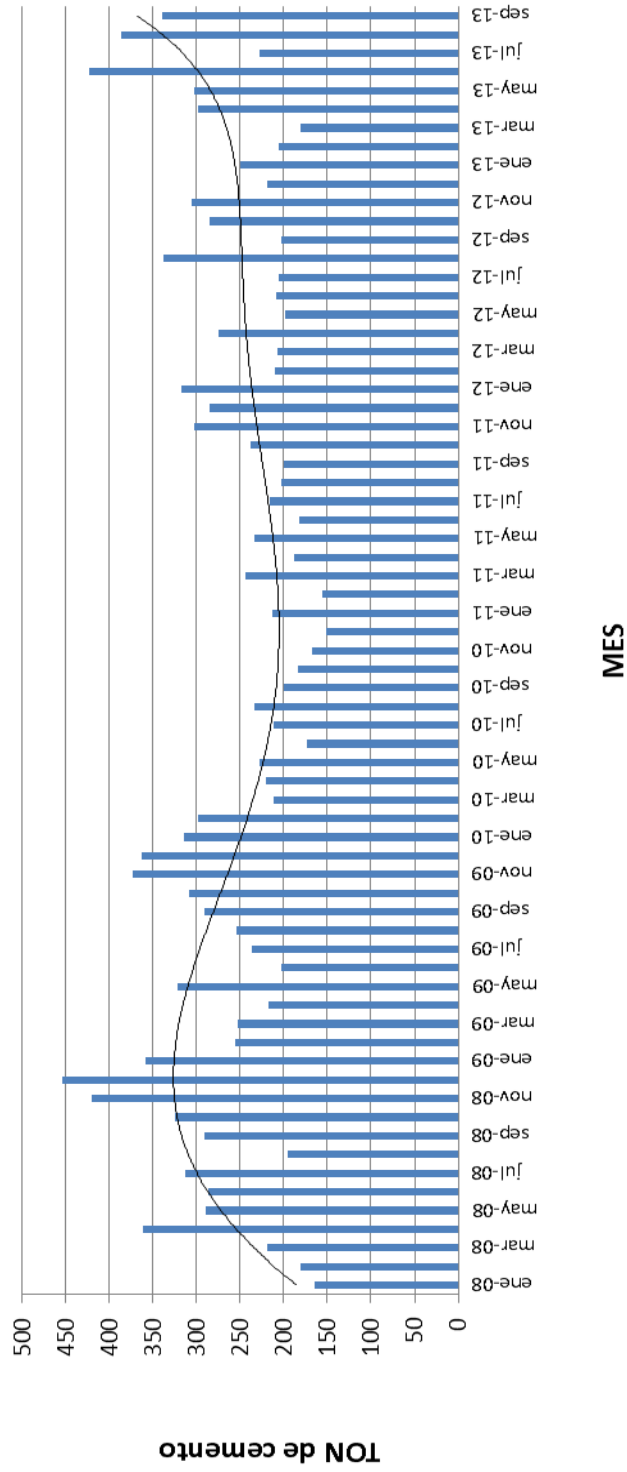
$$R^2 = 0,7711$$



## Demanda agregada de cemento en sacos zona Algarrobo

$$y = 3E-16x^6 - 6E-11x^5 + 6E-06x^4 - 0,331x^3 + 9999,2x^2 - 2E+08x + 1E+12$$

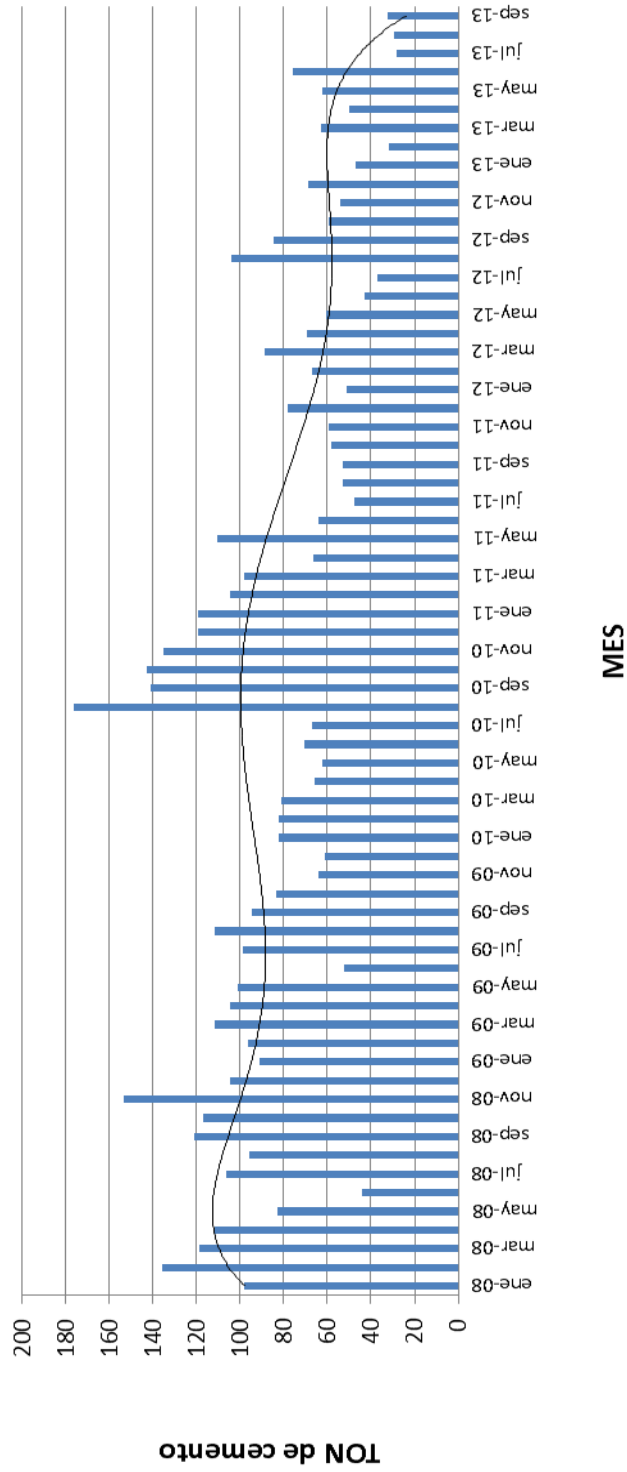
$$R^2 = 0,3643$$



## Demanda agregada de cemento en sacos zona La Calera

$$Y = -3E-16x^6 + 6E-11x^5 - 6E-06x^4 + 0,3352x^3 - 10172x^2 + 2E+08x - 1E+12$$

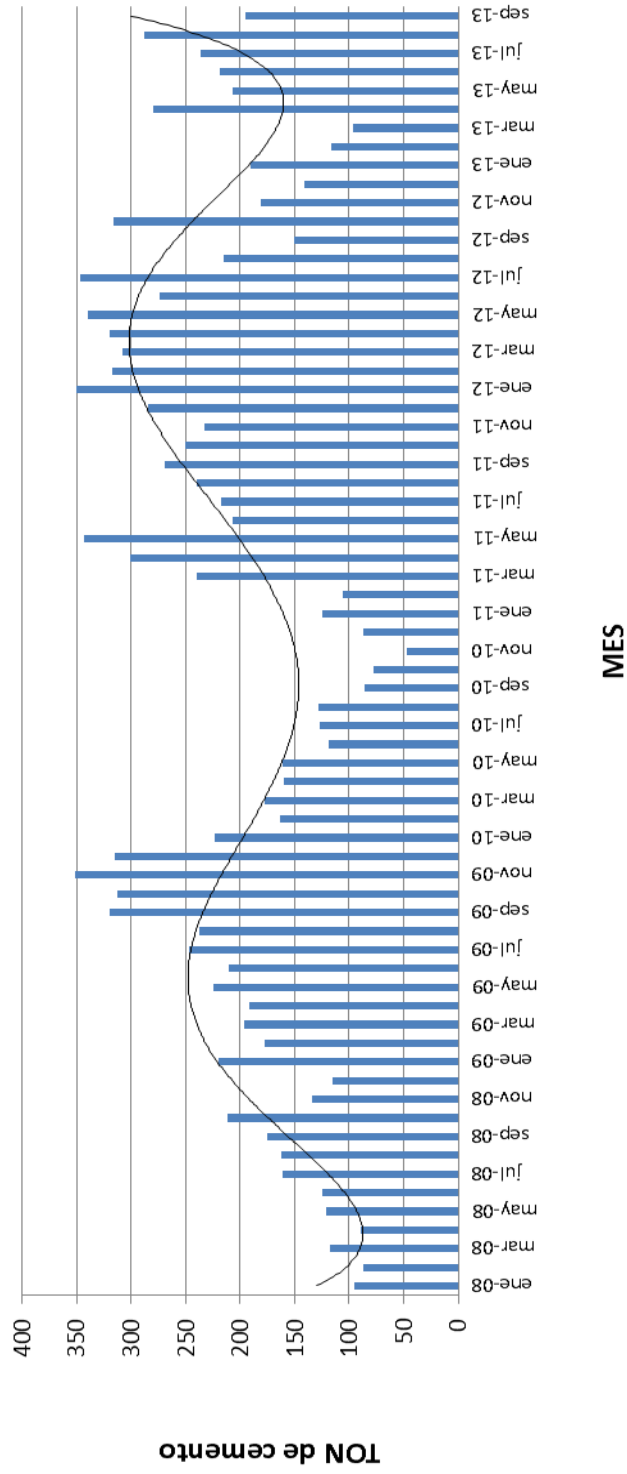
$R^2 = 0,4009$



## Demanda agregada de cemento en sacos zona San Felipe

$$y = 2E-15x^6 - 4E-10x^5 + 4E-05x^4 - 2,0437x^3 + 61994x^2 - 1E+09x + 7E+12$$

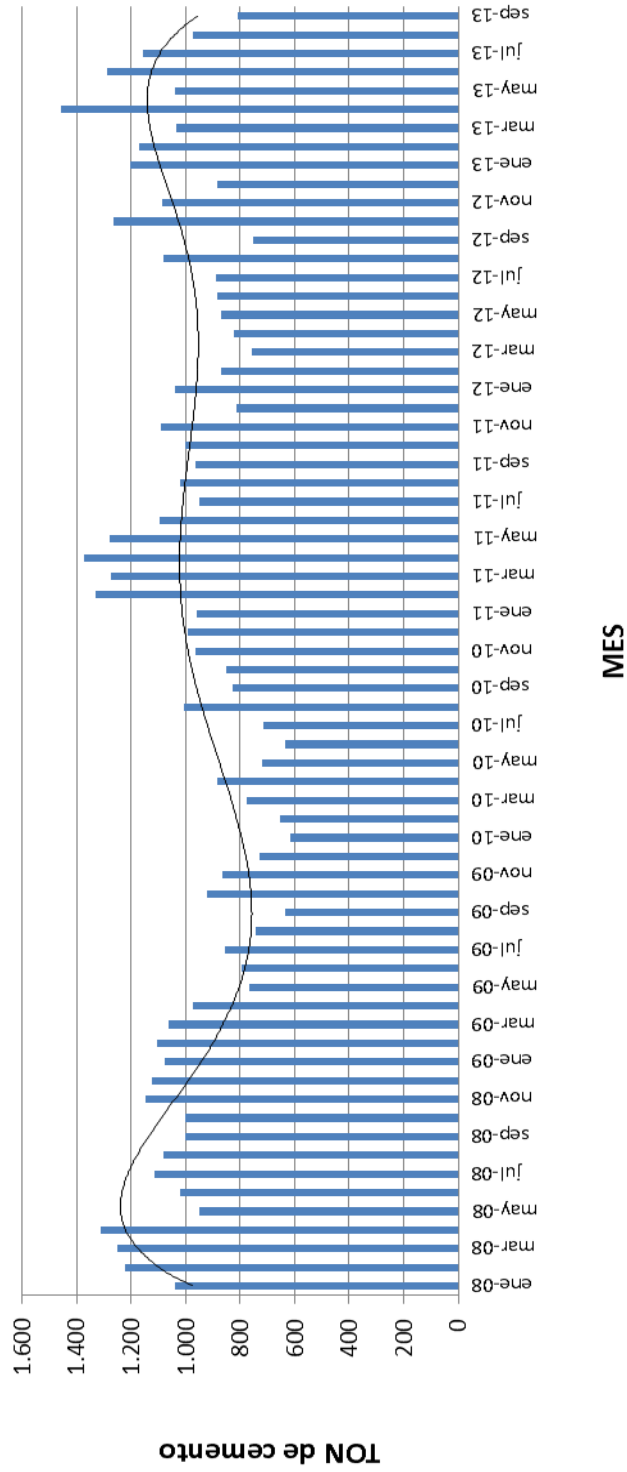
$R^2 = 0,503$



## Demanda agregada de cemento en sacos zona San Felipe

$$y = -3E-15x^6 + 7E-10x^5 - 7E-05x^4 + 3,8525x^3 - 117069x^2 + 2E+09x - 1E+13$$

$R^2 = 0,4138$

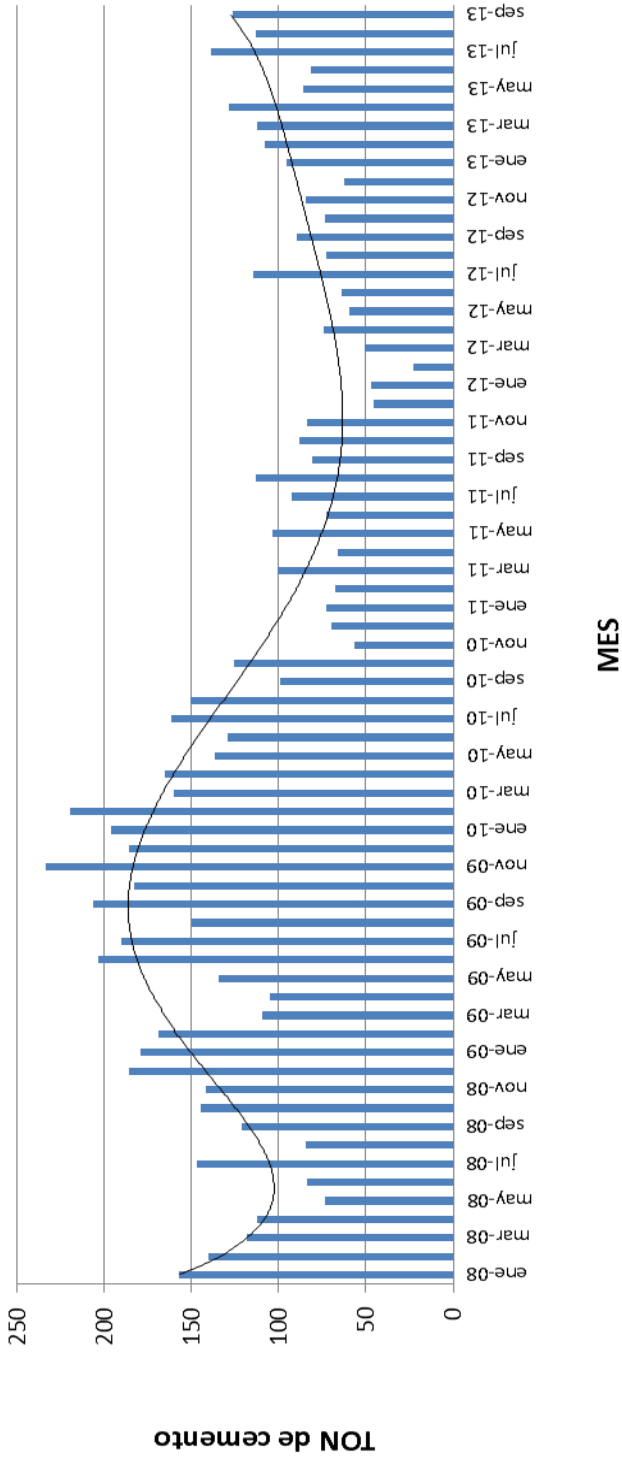




## Demanda agregada de cemento en sacos zona Puchuncaví

$$y = 3E-16x^6 - 8E-11x^5 + 8E-06x^4 - 0,4496x^3 + 13701x^2 - 2E+08x + 2E+12$$

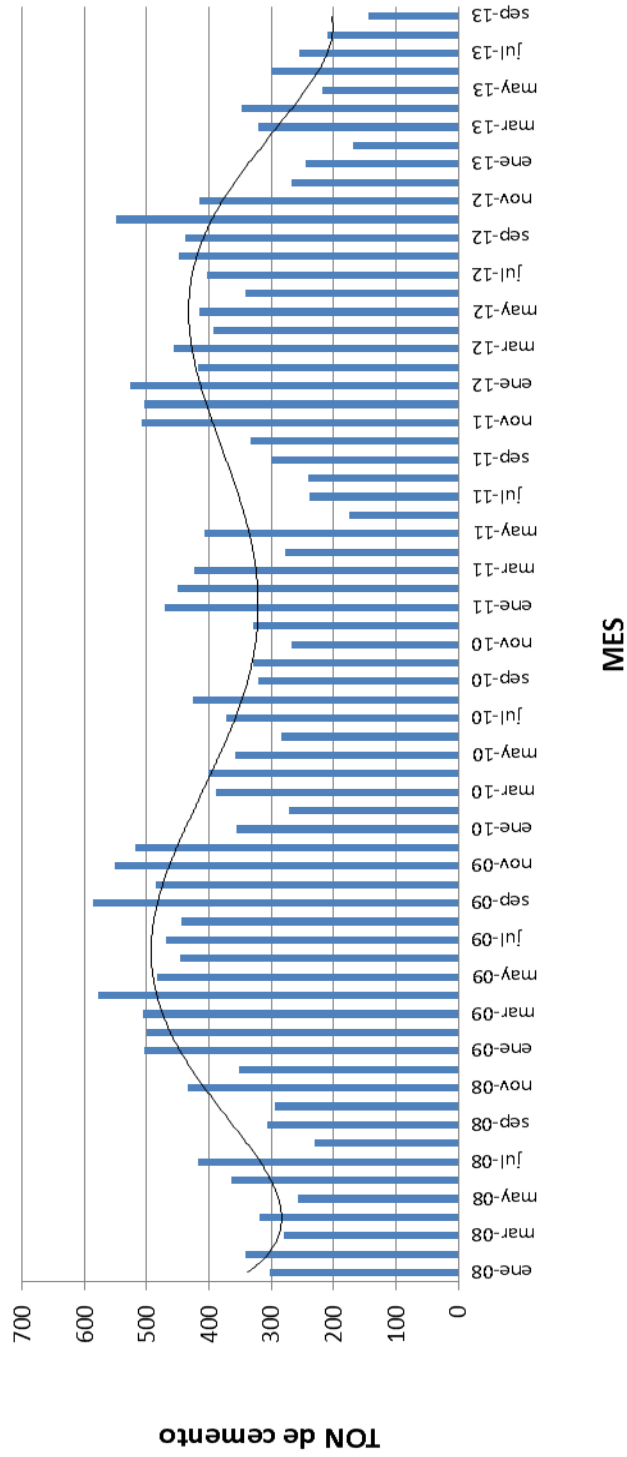
$R^2 = 0,7085$



## Demanda agregada de cemento en sacos zona Quillota

$$y = 1E-15x^6 - 3E-10x^5 + 3E-05x^4 - 1,8375x^3 + 55828x^2 - 9E+08x + 6E+12$$

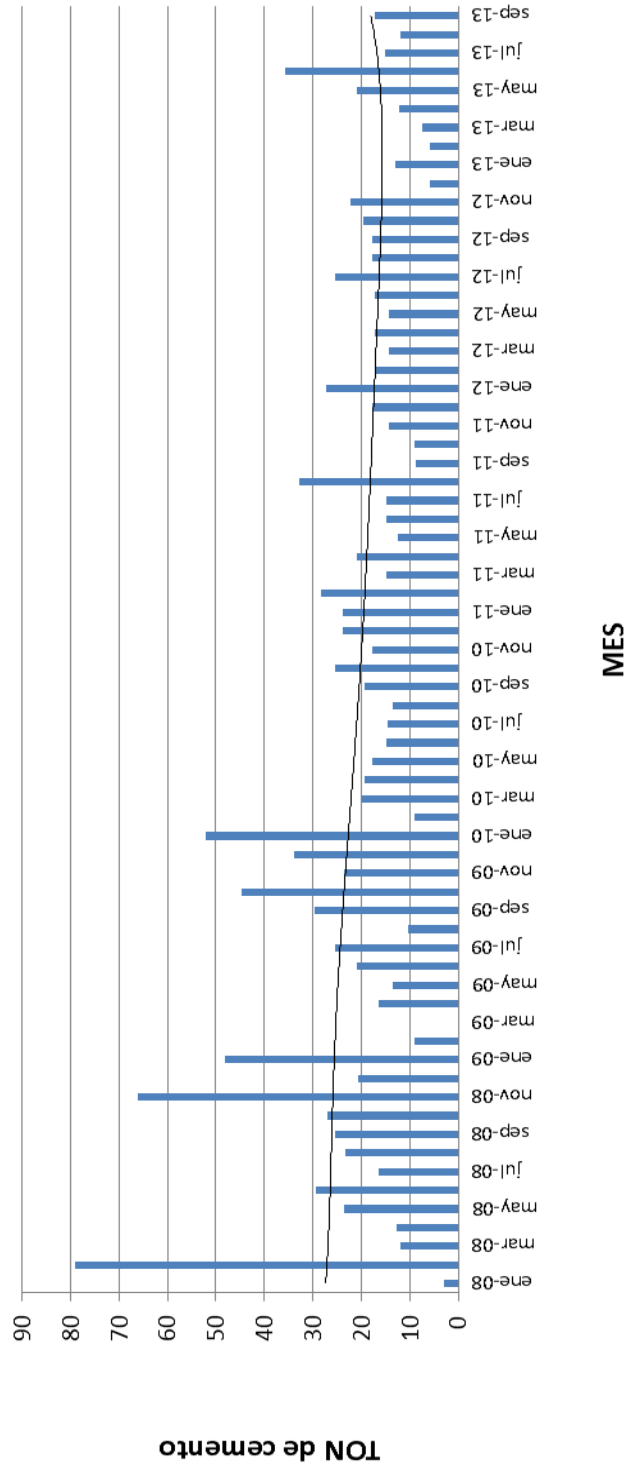
$$R^2 = 0,4878$$



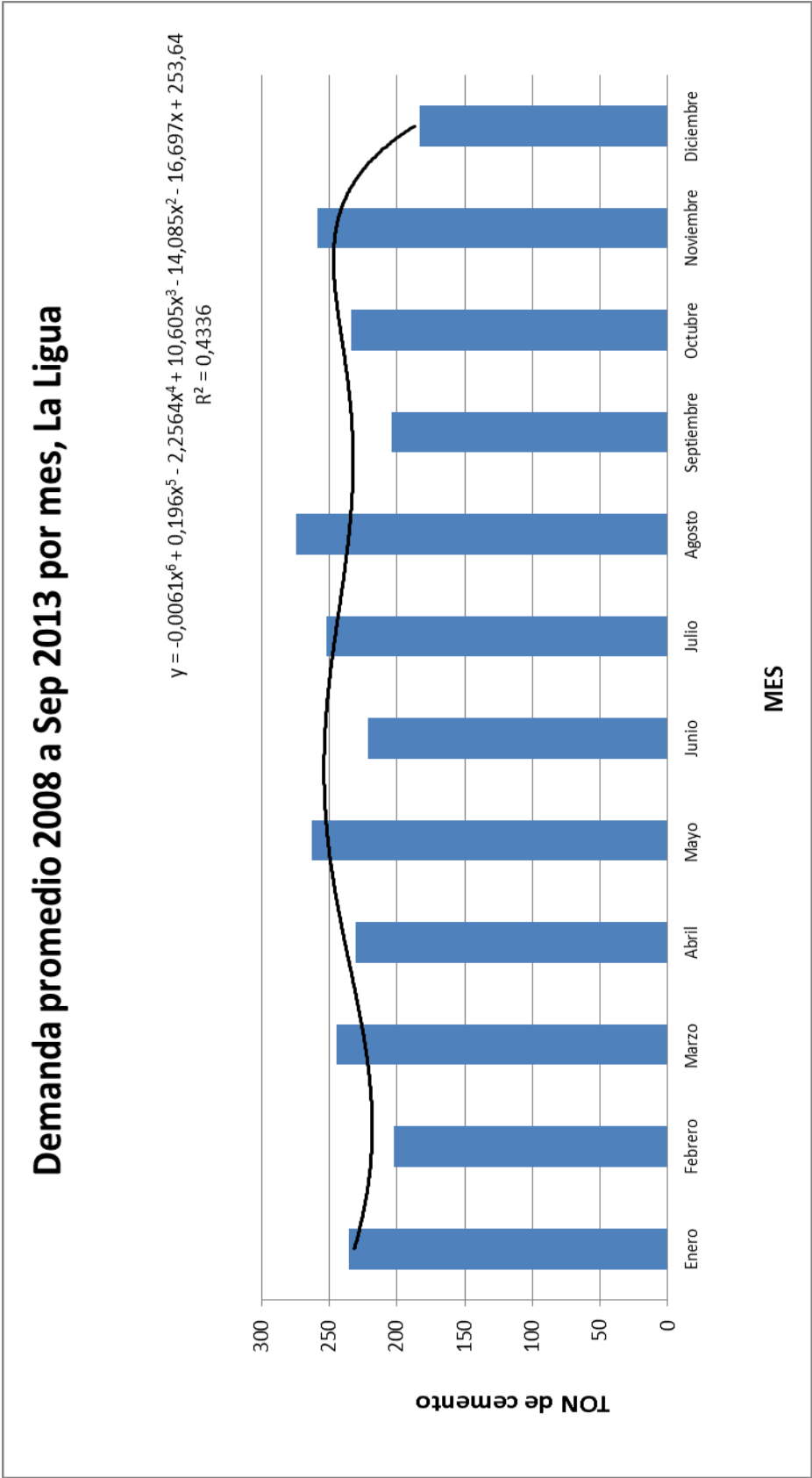
## Demanda agregada de cemento en sacos zona Petorca

$$y = 8E-18x^6 - 2E-12x^5 + 2E-07x^4 - 0,0102x^3 + 310,71x^2 - 5E+06x + 3E+10$$

$$R^2 = 0,0889$$



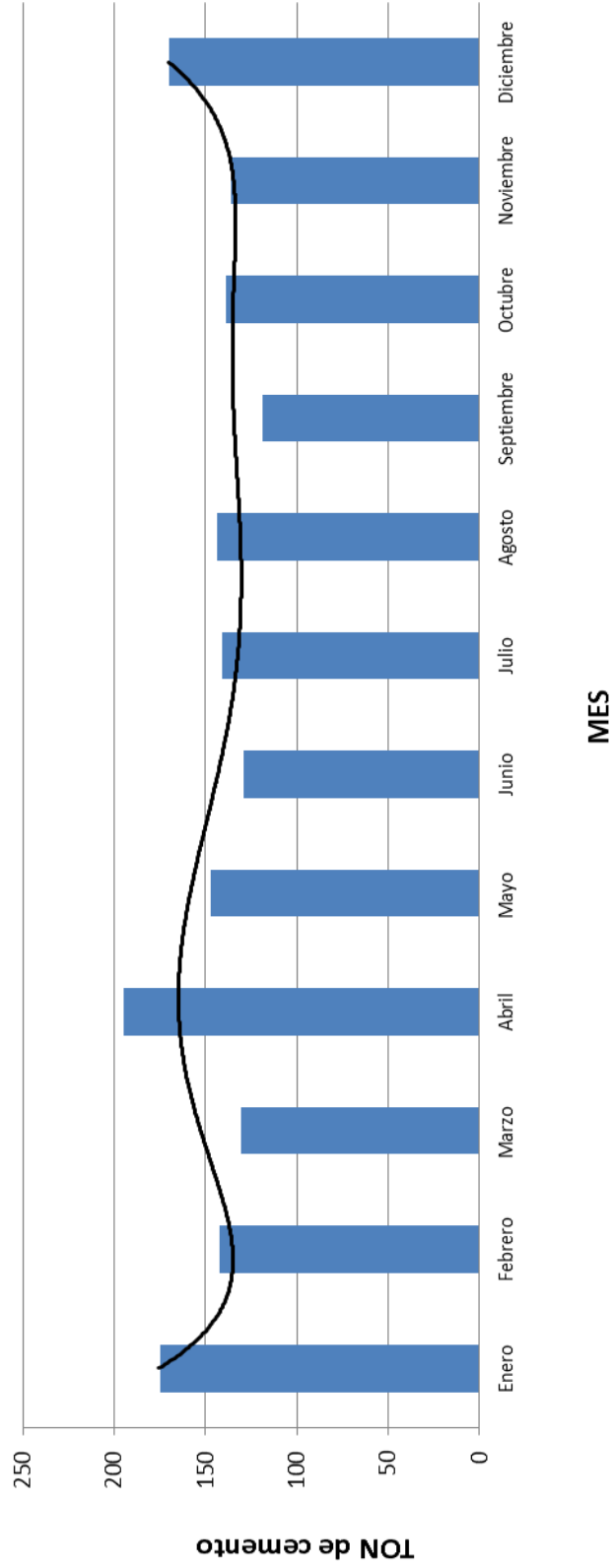
**ANEXO III: PROMEDIO MENSUAL DE LA DEMANDA EN LA V REGION Y POR ZONA (CONSIDERA PERIODO DEL 2008 AL 2013).**



## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, Los Andes

$$Y = 0,0118x^6 - 0,4777x^5 + 7,6151x^4 - 59,745x^3 + 236,45x^2 - 431,68x + 423,42$$

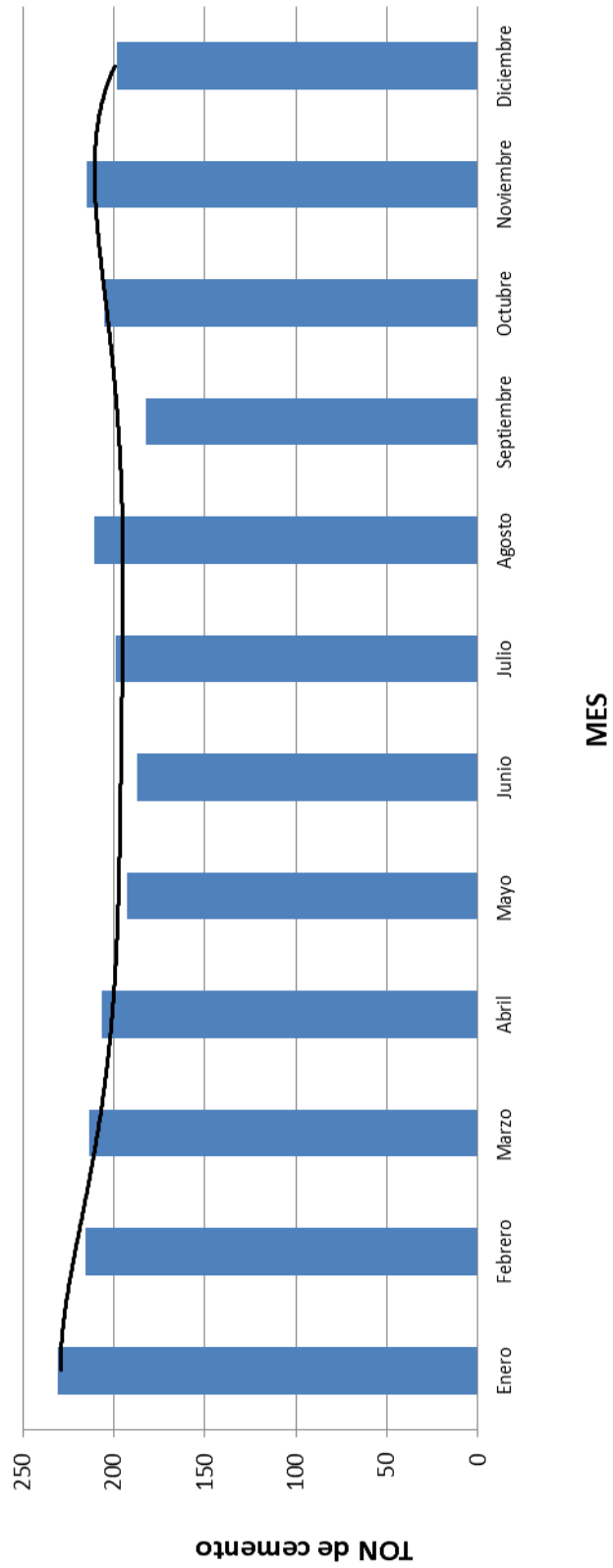
$$R^2 = 0,5667$$



## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, San Antonio

$$Y = -0,0028x^6 + 0,1052x^5 - 1,5309x^4 + 10,901x^3 - 37,935x^2 + 49,425x + 208,22$$

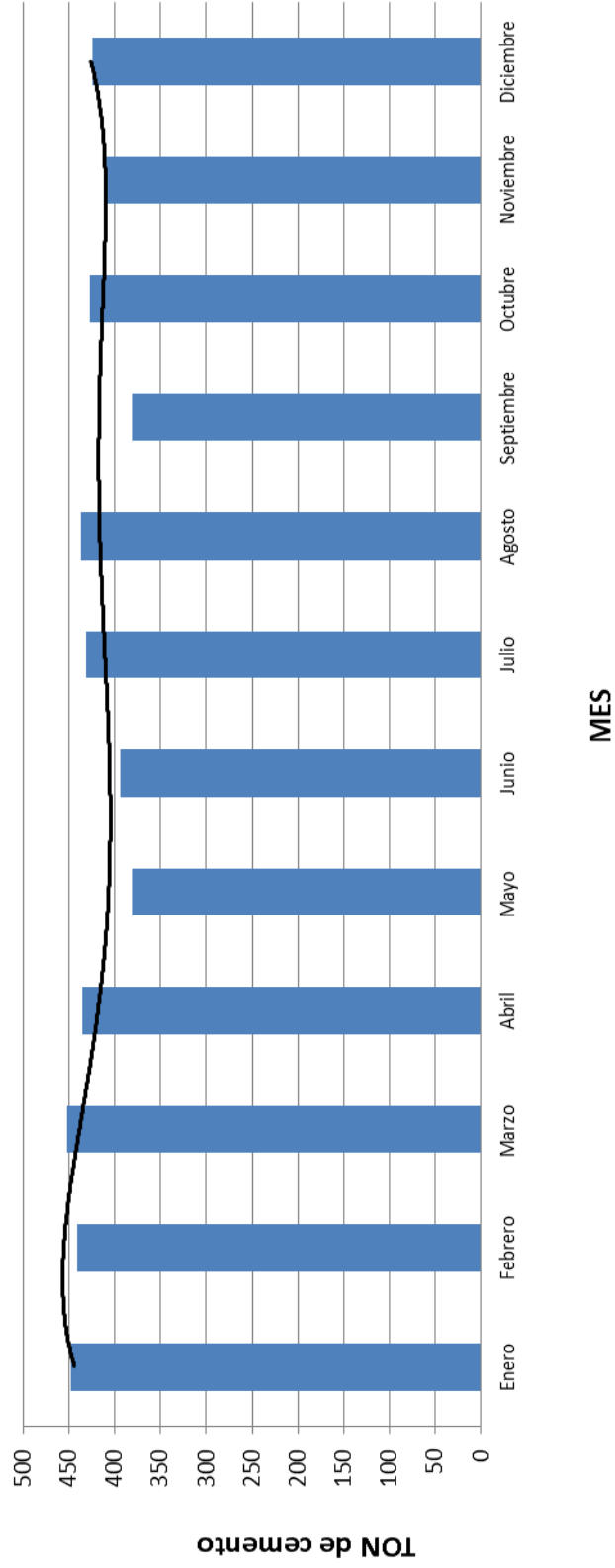
$$R^2 = 0,653$$



## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, Quilpué

$$Y = -0,00003x^6 + 0,0401x^5 - 1,1355x^4 + 13,096x^3 - 68,022x^2 + 139,81x + 359,92$$

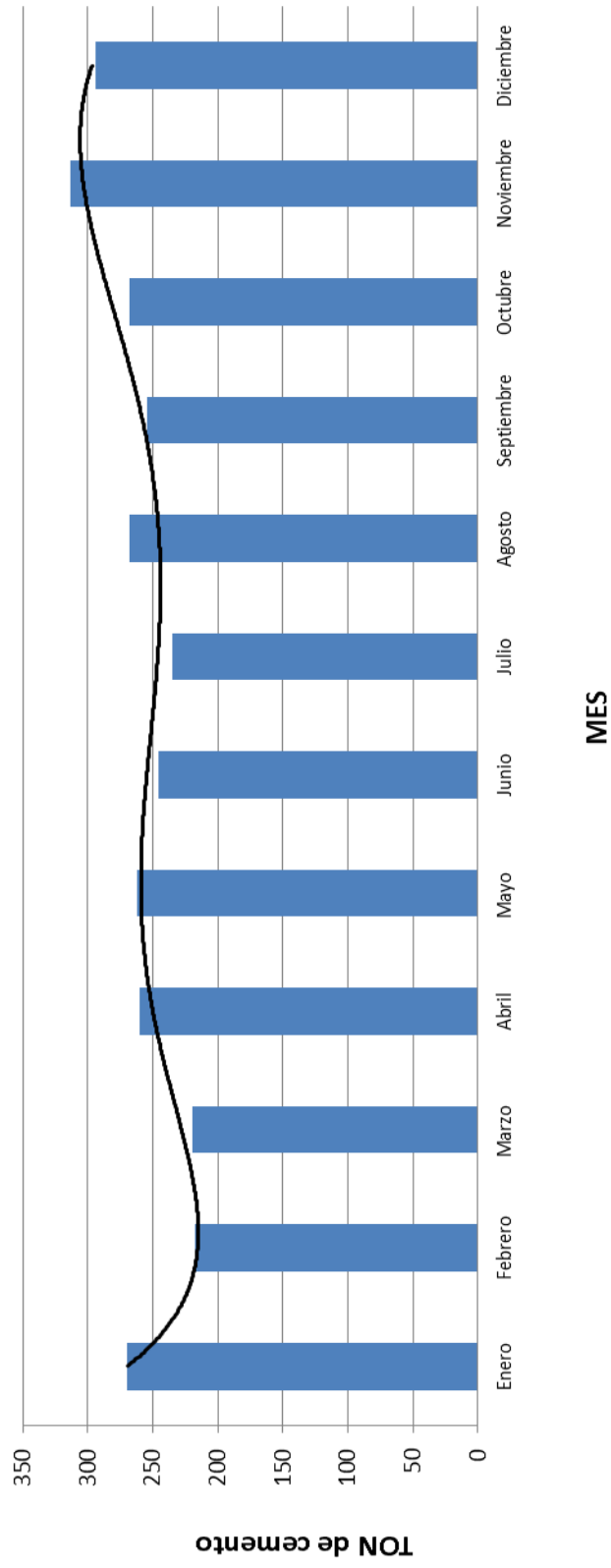
$R^2 = 0,4128$



## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, Algarrobo

$$y = 0,0031x^6 - 0,175x^5 + 3,6425x^4 - 35,653x^3 + 171,03x^2 - 367,18x + 498,08$$

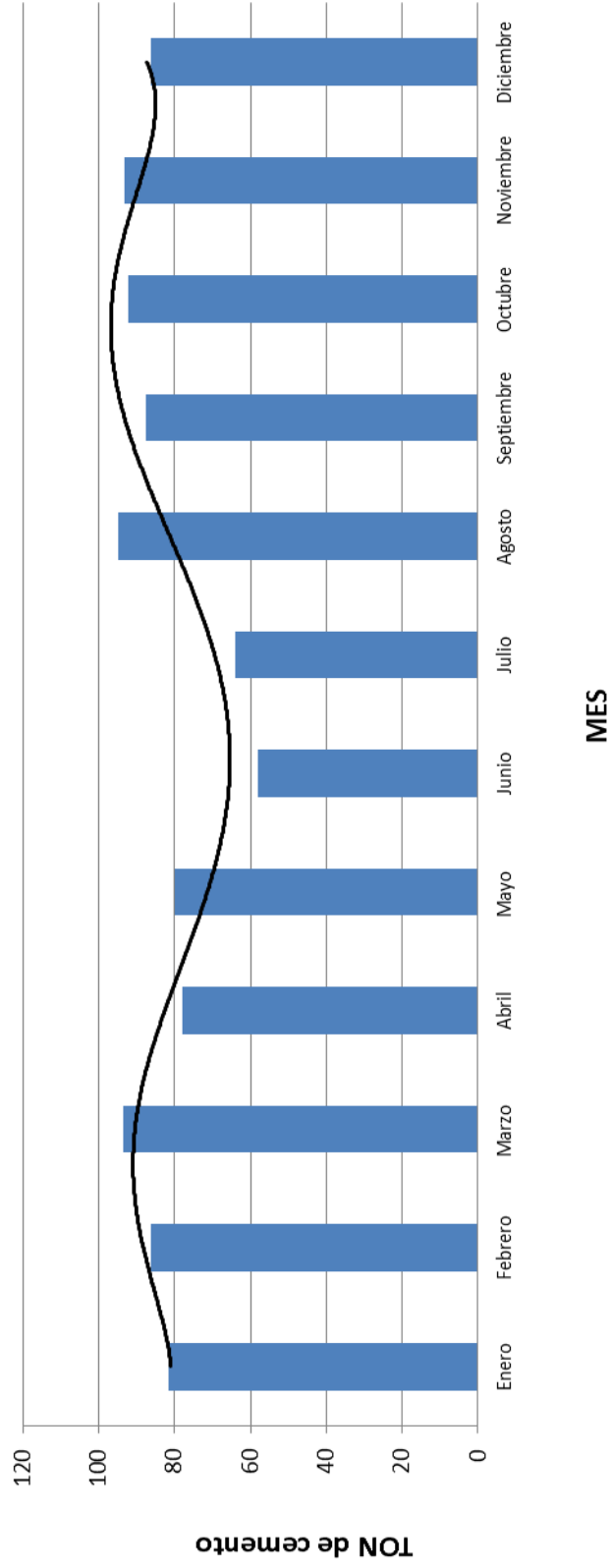
$$R^2 = 0,8541$$





## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, La Calera

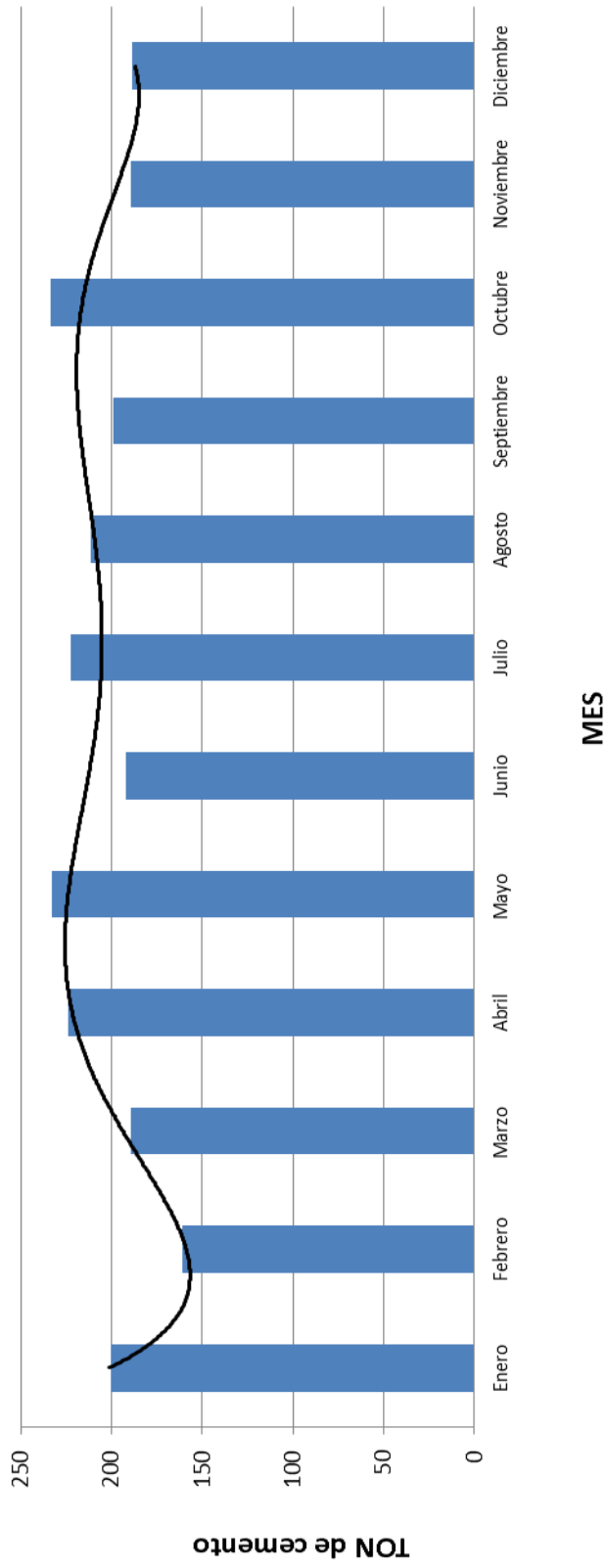
$$y = 0,0049x^6 - 0,1832x^5 + 2,5455x^4 - 16,091x^3 + 45,38x^2 - 49,042x + 98,34$$
$$R^2 = 0,7055$$



## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, San Felipe

$$y = 0,0144x^6 - 0,6007x^5 + 9,7453x^4 - 77,539x^3 + 309,95x^2 - 557,79x + 517,25$$

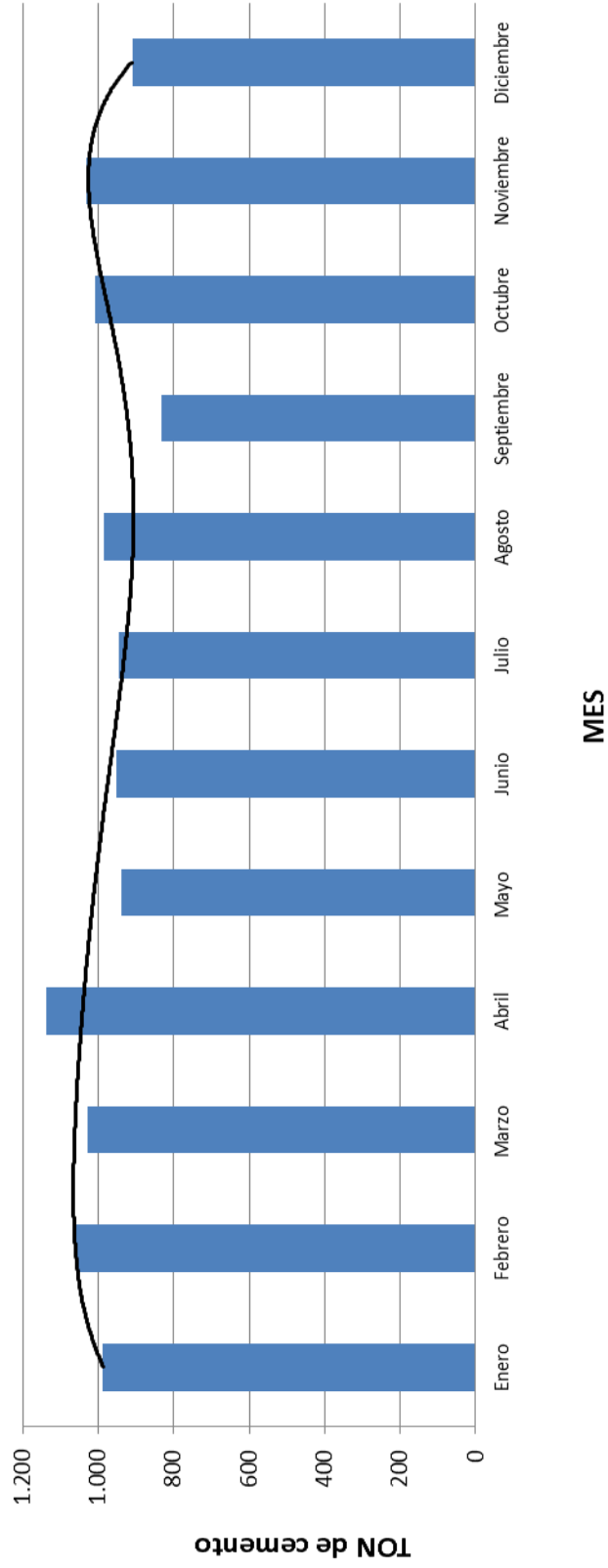
$$R^2 = 0,7023$$



## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, Viña del Mar

$$y = -0,0179x^6 + 0,6254x^5 - 8,5553x^4 + 59,744x^3 - 231,94x^2 + 461,88x + 704,38$$

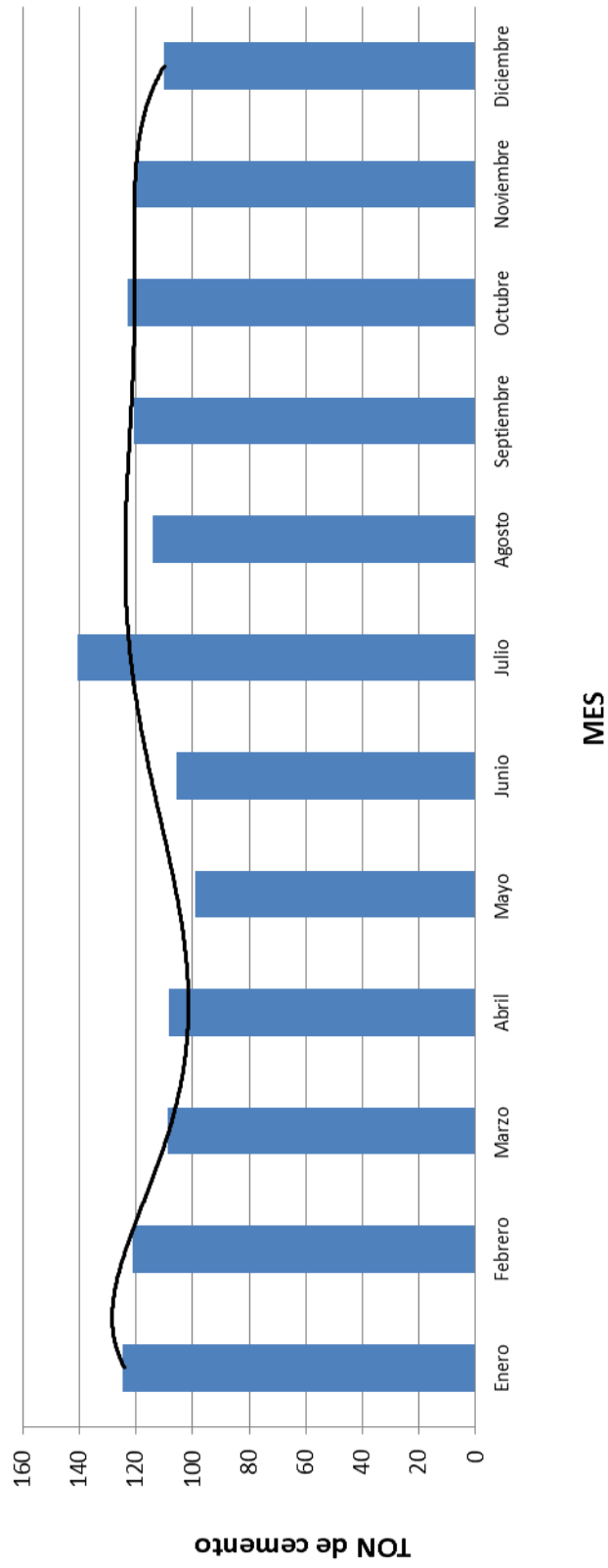
$$R^2 = 0,5343$$



## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, Puchuncaví

$$Y = -0,0048x^6 + 0,1956x^5 - 3,1104x^4 + 23,899x^3 - 89,138x^2 + 140,48x + 51,759$$

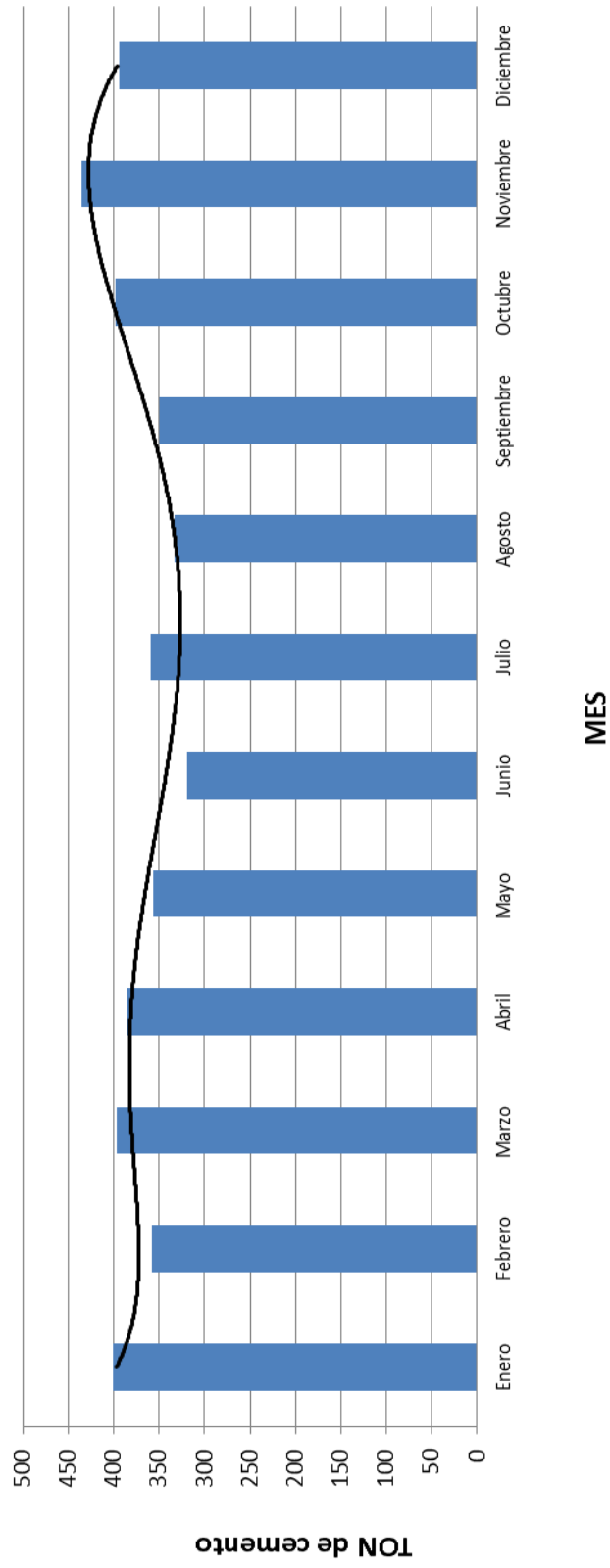
$$R^2 = 0,5252$$



## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, Quillota

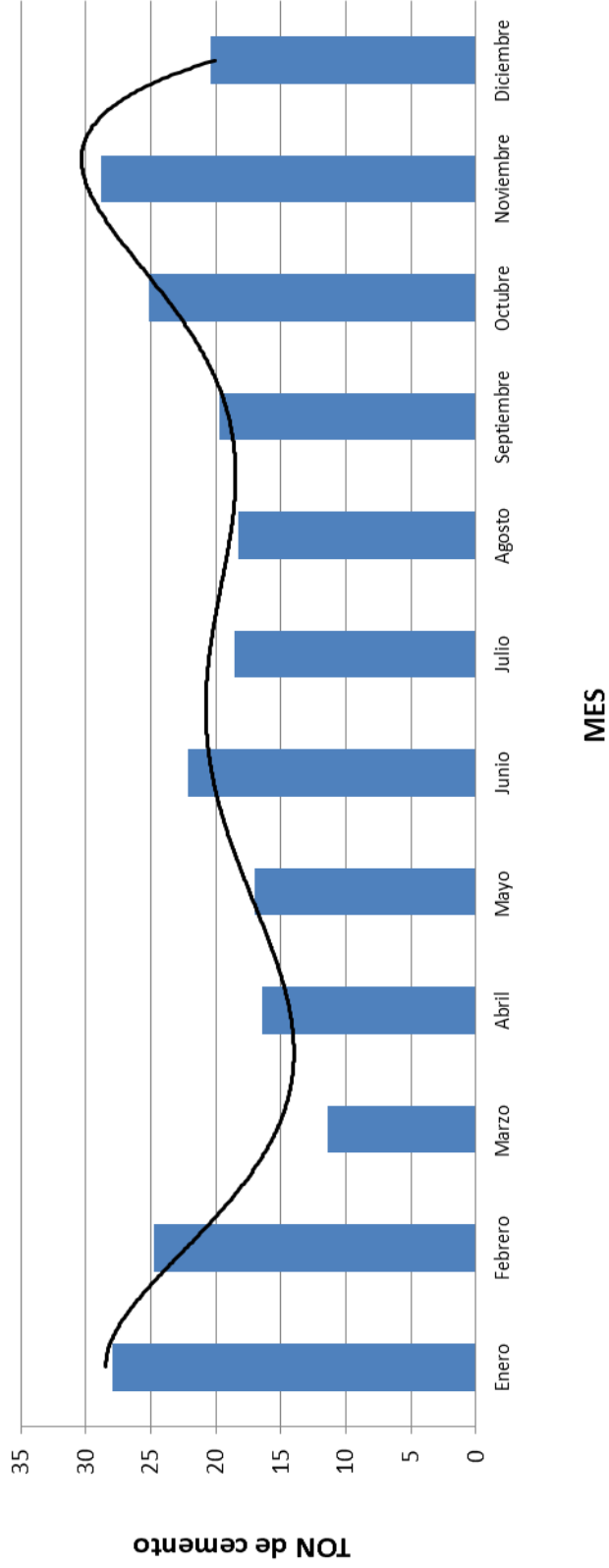
$$Y = 0,0032x^6 - 0,1805x^5 + 3,5638x^4 - 31,712x^3 + 132,87x^2 - 249,47x + 541,85$$

$$R^2 = 0,8049$$

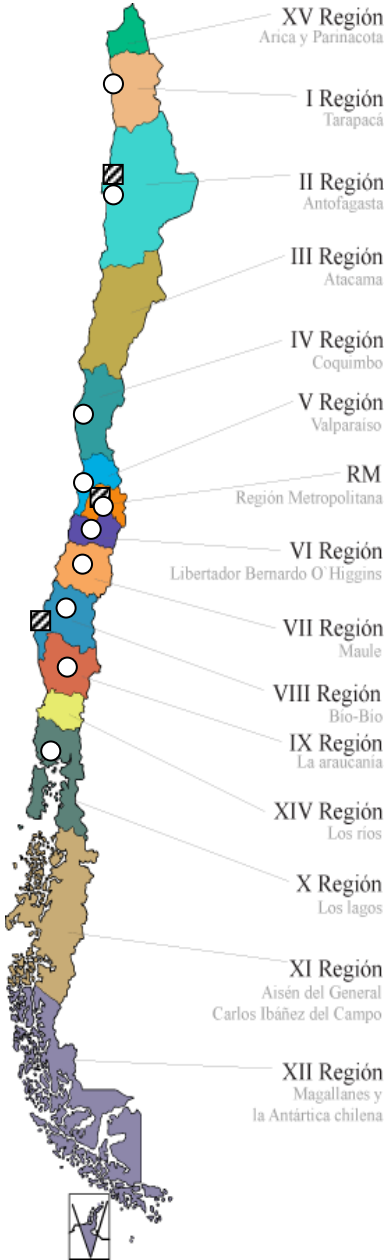


## Demanda promedio 2008 a Sep 2013 por mes, Petorca

$$Y = -0,0034x^6 + 0,1253x^5 - 1,7746x^4 + 11,928x^3 - 37,894x^2 + 46,991x + 9,0633$$
$$R^2 = 0,8693$$



**ANEXO IV: RED LOGISTICA DE LA COMPAÑIA**



## ANEXO V: RESULTADOS DEL MODELO UTILIZANDO PREMIUN SOLVER PRO

Resultados del modelo de Optimización

**Microsoft Excel 14.0 Answer Report**

**Worksheet: [Reporte sensibilidad.xlsx]Solver**

**Report Created: 23/12/2013 13:44:59**

**Result: Solver found an integer solution within tolerance. All constraints are satisfied.**

**Engine: Gurobi Solver**

**Solution Time: 03 Minutes, 58 Seconds**

**Iterations: 0**

**Subproblems: 0**

**Incumbent Solutions: 5**

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$F\$36	Costo TOTAL La Lig.	4.923.210.324	4.923.210.324

Decision Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Type
\$AB\$4	Viña	0	0	Normal
\$AC\$4	Quipué	0	0	Normal
\$AD\$4	Quillota	0	0	Normal
\$AE\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$AF\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$AG\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$AH\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$AI\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$AJ\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$AK\$4	la Calera	0	0	Normal
\$AL\$4	Petorca	0	0	Normal
\$AB\$5	Viña	0	0	Normal
\$AC\$5	Quipué	0	0	Normal
\$AD\$5	Quillota	0	0	Normal
\$AE\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$AF\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$AG\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$AH\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$AI\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$AJ\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$AK\$5	la Calera	0	0	Normal
\$AL\$5	Petorca	0	0	Normal



\$AB\$6	Viña	0	0	Normal
\$AC\$6	Quipué	0	0	Normal
\$AD\$6	Quillota	0	0	Normal
\$AE\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$AF\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$AG\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$AH\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$AI\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$AJ\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$AK\$6	la Calera	0	0	Normal
\$AL\$6	Petorca	0	0	Normal
\$AB\$7	Viña	0	0	Normal
\$AC\$7	Quipué	0	0	Normal
\$AD\$7	Quillota	0	0	Normal
\$AE\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$AF\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$AG\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$AH\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$AI\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$AJ\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$AK\$7	la Calera	0	0	Normal
\$AL\$7	Petorca	0	0	Normal
\$AB\$8	Viña	0	0	Normal
\$AC\$8	Quipué	0	0	Normal
\$AD\$8	Quillota	0	0	Normal
\$AE\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$AF\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$AG\$8	Los Andes	0	0	Normal
\$AH\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$AI\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$AJ\$8	Puchuncavi	0	0	Normal
\$AK\$8	la Calera	0	0	Normal
\$AL\$8	Petorca	0	0	Normal
\$AO\$4	Viña	0	0	Normal
\$AP\$4	Quipué	0	0	Normal
\$AQ\$4	Quillota	0	0	Normal
\$AR\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$AS\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$AT\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$AU\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$AV\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$AW\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$AX\$4	la Calera	0	0	Normal

\$AY\$4	Petorca	0	0	Normal
\$AO\$5	Viña	0	0	Normal
\$AP\$5	Quipué	0	0	Normal
\$AQ\$5	Quillota	0	0	Normal
\$AR\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$AS\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$AT\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$AU\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$AV\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$AW\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$AX\$5	la Calera	0	0	Normal
\$AY\$5	Petorca	0	0	Normal
\$AO\$6	Viña	0	0	Normal
\$AP\$6	Quipué	0	0	Normal
\$AQ\$6	Quillota	0	0	Normal
\$AR\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$AS\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$AT\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$AU\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$AV\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$AW\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$AX\$6	la Calera	0	0	Normal
\$AY\$6	Petorca	0	0	Normal
\$AO\$7	Viña	0	0	Normal
\$AP\$7	Quipué	0	0	Normal
\$AQ\$7	Quillota	0	0	Normal
\$AR\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$AS\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$AT\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$AU\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$AV\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$AW\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$AX\$7	la Calera	0	0	Normal
\$AY\$7	Petorca	0	0	Normal
\$AO\$8	Viña	0	0	Normal
\$AP\$8	Quipué	0	0	Normal
\$AQ\$8	Quillota	0	0	Normal
\$AR\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$AS\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$AT\$8	Los Andes	0	0	Normal
\$AU\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$AV\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$AW\$8	Puchuncavi	0	0	Normal

\$AX\$8	la Calera	0	0	Normal
\$AY\$8	Petorca	0	0	Normal
\$B\$13	Viña	1.985	1.985	Normal
\$C\$13	Quipué	529	529	Normal
\$D\$13	Quillota	512	512	Normal
\$E\$13	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$13	La Ligua	2.257	2.257	Normal
\$G\$13	Los Andes	2.058	2.058	Normal
\$H\$13	San Felipe	1.790	1.790	Normal
\$I\$13	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$13	Puchuncavi	163	163	Normal
\$K\$13	la Calera	0	0	Normal
\$L\$13	Petorca	0	0	Normal
\$B\$14	Viña	1.540	1.540	Normal
\$C\$14	Quipué	1.248	1.248	Normal
\$D\$14	Quillota	533	533	Normal
\$E\$14	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$14	La Ligua	2.708	2.708	Normal
\$G\$14	Los Andes	2.493	2.493	Normal
\$H\$14	San Felipe	2.148	2.148	Normal
\$I\$14	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$14	Puchuncavi	172	172	Normal
\$K\$14	la Calera	0	0	Normal
\$L\$14	Petorca	0	0	Normal
\$B\$15	Viña	1.596	1.596	Normal
\$C\$15	Quipué	1.281	1.281	Normal
\$D\$15	Quillota	552	552	Normal
\$E\$15	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$15	La Ligua	2.580	2.580	Normal
\$G\$15	Los Andes	2.539	2.539	Normal
\$H\$15	San Felipe	2.202	2.202	Normal
\$I\$15	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$15	Puchuncavi	177	177	Normal
\$K\$15	la Calera	0	0	Normal
\$L\$15	Petorca	0	0	Normal
\$B\$16	Viña	2.236	2.236	Normal
\$C\$16	Quipué	1.335	1.335	Normal
\$D\$16	Quillota	576	576	Normal
\$E\$16	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$16	La Ligua	2.897	2.897	Normal
\$G\$16	Los Andes	2.667	2.667	Normal
\$H\$16	San Felipe	2.297	2.297	Normal
\$I\$16	San Antonio	0	0	Normal

\$J\$16	Puchuncavi	184	184	Normal
\$K\$16	la Calera	0	0	Normal
\$L\$16	Petorca	0	0	Normal
\$B\$17	Viña	2.327	2.327	Normal
\$C\$17	Quipué	1.390	1.390	Normal
\$D\$17	Quillota	599	599	Normal
\$E\$17	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$17	La Ligua	3.015	3.015	Normal
\$G\$17	Los Andes	2.575	2.575	Normal
\$H\$17	San Felipe	2.370	2.370	Normal
\$I\$17	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$17	Puchuncavi	142	142	Normal
\$K\$17	la Calera	0	0	Normal
\$L\$17	Petorca	0	0	Normal
\$B\$22	Viña	1	1	Normal
\$C\$22	Quipué	0	0	Normal
\$D\$22	Quillota	0	0	Normal
\$E\$22	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$22	La Ligua	0	0	Normal
\$G\$22	Los Andes	1	1	Normal
\$H\$22	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$22	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$22	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$22	la Calera	0	0	Normal
\$L\$22	Petorca	0	0	Normal
\$M\$22	RM	0	0	Normal
\$B\$23	Viña	1	1	Normal
\$C\$23	Quipué	0	0	Normal
\$D\$23	Quillota	0	0	Normal
\$E\$23	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$23	La Ligua	0	0	Normal
\$G\$23	Los Andes	1	1	Normal
\$H\$23	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$23	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$23	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$23	la Calera	0	0	Normal
\$L\$23	Petorca	0	0	Normal
\$M\$23	RM	0	0	Normal
\$B\$24	Viña	1	1	Normal
\$C\$24	Quipué	0	0	Normal
\$D\$24	Quillota	0	0	Normal
\$E\$24	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$24	La Ligua	0	0	Normal

\$G\$24	Los Andes	1	1	Normal
\$H\$24	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$24	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$24	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$24	la Calera	0	0	Normal
\$L\$24	Petorca	0	0	Normal
\$M\$24	RM	0	0	Normal
\$B\$25	Viña	1	1	Normal
\$C\$25	Quipué	0	0	Normal
\$D\$25	Quillota	0	0	Normal
\$E\$25	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$25	La Ligua	0	0	Normal
\$G\$25	Los Andes	1	1	Normal
\$H\$25	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$25	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$25	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$25	la Calera	0	0	Normal
\$L\$25	Petorca	0	0	Normal
\$M\$25	RM	0	0	Normal
\$B\$26	Viña	1	1	Normal
\$C\$26	Quipué	0	0	Normal
\$D\$26	Quillota	0	0	Normal
\$E\$26	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$26	La Ligua	0	0	Normal
\$G\$26	Los Andes	1	1	Normal
\$H\$26	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$26	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$26	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$26	la Calera	0	0	Normal
\$L\$26	Petorca	0	0	Normal
\$M\$26	RM	0	0	Normal
\$B\$4	Viña	16.057	16.057	Normal
\$C\$4	Quipué	3.876	3.876	Normal
\$D\$4	Quillota	0	0	Normal
\$E\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$G\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$H\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$4	la Calera	0	0	Normal
\$L\$4	Petorca	0	0	Normal
\$B\$5	Viña	12.462	12.462	Normal

\$C\$5	Quipué	9.156	9.156	Normal
\$D\$5	Quillota	0	0	Normal
\$E\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$G\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$H\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$5	la Calera	0	0	Normal
\$L\$5	Petorca	0	0	Normal
\$B\$6	Viña	12.910	12.910	Normal
\$C\$6	Quipué	9.393	9.393	Normal
\$D\$6	Quillota	0	0	Normal
\$E\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$G\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$H\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$6	la Calera	0	0	Normal
\$L\$6	Petorca	0	0	Normal
\$B\$7	Viña	18.091	18.091	Normal
\$C\$7	Quipué	9.789	9.789	Normal
\$D\$7	Quillota	0	0	Normal
\$E\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$G\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$H\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$7	la Calera	0	0	Normal
\$L\$7	Petorca	0	0	Normal
\$B\$8	Viña	18.825	18.825	Normal
\$C\$8	Quipué	10.191	10.191	Normal
\$D\$8	Quillota	0	0	Normal
\$E\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$F\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$G\$8	Los Andes	0	0	Normal
\$H\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$I\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$J\$8	Puchuncavi	0	0	Normal
\$K\$8	la Calera	0	0	Normal
\$L\$8	Petorca	0	0	Normal

\$BB\$4	Viña	0	0	Normal
\$BC\$4	Quipué	0	0	Normal
\$BD\$4	Quillota	0	0	Normal
\$BE\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$BF\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$BG\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$BH\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$BI\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$BJ\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$BK\$4	la Calera	0	0	Normal
\$BL\$4	Petorca	0	0	Normal
\$BB\$5	Viña	0	0	Normal
\$BC\$5	Quipué	0	0	Normal
\$BD\$5	Quillota	0	0	Normal
\$BE\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$BF\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$BG\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$BH\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$BI\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$BJ\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$BK\$5	la Calera	0	0	Normal
\$BL\$5	Petorca	0	0	Normal
\$BB\$6	Viña	0	0	Normal
\$BC\$6	Quipué	0	0	Normal
\$BD\$6	Quillota	0	0	Normal
\$BE\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$BF\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$BG\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$BH\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$BI\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$BJ\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$BK\$6	la Calera	0	0	Normal
\$BL\$6	Petorca	0	0	Normal
\$BB\$7	Viña	0	0	Normal
\$BC\$7	Quipué	0	0	Normal
\$BD\$7	Quillota	0	0	Normal
\$BE\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$BF\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$BG\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$BH\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$BI\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$BJ\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$BK\$7	la Calera	0	0	Normal

\$BL\$7	Petorca	0	0	Normal
\$BB\$8	Viña	0	0	Normal
\$BC\$8	Quipué	0	0	Normal
\$BD\$8	Quillota	0	0	Normal
\$BE\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$BF\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$BG\$8	Los Andes	0	0	Normal
\$BH\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$BI\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$BJ\$8	Puchuncavi	0	0	Normal
\$BK\$8	la Calera	0	0	Normal
\$BL\$8	Petorca	0	0	Normal
\$BO\$4	Viña	0	0	Normal
\$BP\$4	Quipué	0	0	Normal
\$BQ\$4	Quillota	4146	4146	Normal
\$BR\$4	Algarrobo	4632	4632	Normal
\$BS\$4	La Ligua	3385	3385	Normal
\$BT\$4	Los Andes	3086	3086	Normal
\$BU\$4	San Felipe	2471	2471	Normal
\$BV\$4	San Antonio	3157	3157	Normal
\$BW\$4	Puchuncavi	1471	1471	Normal
\$BX\$4	la Calera	1038	1038	Normal
\$BY\$4	Petorca	324	324	Normal
\$BO\$5	Viña	0	0	Normal
\$BP\$5	Quipué	0	0	Normal
\$BQ\$5	Quillota	4310	4310	Normal
\$BR\$5	Algarrobo	4865	4865	Normal
\$BS\$5	La Ligua	4063	4063	Normal
\$BT\$5	Los Andes	3739	3739	Normal
\$BU\$5	San Felipe	2966	2966	Normal
\$BV\$5	San Antonio	3316	3316	Normal
\$BW\$5	Puchuncavi	1549	1549	Normal
\$BX\$5	la Calera	1246	1246	Normal
\$BY\$5	Petorca	388	388	Normal
\$BO\$6	Viña	0	0	Normal
\$BP\$6	Quipué	0	0	Normal
\$BQ\$6	Quillota	4470	4470	Normal
\$BR\$6	Algarrobo	4444	4444	Normal
\$BS\$6	La Ligua	3870	3870	Normal
\$BT\$6	Los Andes	3808	3808	Normal
\$BU\$6	San Felipe	3042	3042	Normal
\$BV\$6	San Antonio	3404	3404	Normal
\$BW\$6	Puchuncavi	1590	1590	Normal



\$BX\$6	la Calera	1274	1274	Normal
\$BY\$6	Petorca	344	344	Normal
\$BO\$7	Viña	0	0	Normal
\$BP\$7	Quipué	0	0	Normal
\$BQ\$7	Quillota	4658	4658	Normal
\$BR\$7	Algarrobo	5205	5205	Normal
\$BS\$7	La Ligua	4346	4346	Normal
\$BT\$7	Los Andes	4000	4000	Normal
\$BU\$7	San Felipe	3173	3173	Normal
\$BV\$7	San Antonio	3547	3547	Normal
\$BW\$7	Puchuncavi	1657	1657	Normal
\$BX\$7	la Calera	1332	1332	Normal
\$BY\$7	Petorca	416	416	Normal
\$BO\$8	Viña	0	0	Normal
\$BP\$8	Quipué	0	0	Normal
\$BQ\$8	Quillota	4847	4847	Normal
\$BR\$8	Algarrobo	5416	5416	Normal
\$BS\$8	La Ligua	4522	4522	Normal
\$BT\$8	Los Andes	3863	3863	Normal
\$BU\$8	San Felipe	3272	3272	Normal
\$BV\$8	San Antonio	3641	3641	Normal
\$BW\$8	Puchuncavi	1274	1274	Normal
\$BX\$8	la Calera	1387	1387	Normal
\$BY\$8	Petorca	432	432	Normal
\$CB\$4	Viña	0	0	Normal
\$CC\$4	Quipué	0	0	Normal
\$CD\$4	Quillota	0	0	Normal
\$CE\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$CF\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$CG\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$CH\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$CI\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$CJ\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CK\$4	la Calera	0	0	Normal
\$CL\$4	Petorca	0	0	Normal
\$CB\$5	Viña	0	0	Normal
\$CC\$5	Quipué	0	0	Normal
\$CD\$5	Quillota	0	0	Normal
\$CE\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$CF\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$CG\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$CH\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$CI\$5	San Antonio	0	0	Normal

\$CJ\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CK\$5	la Calera	0	0	Normal
\$CL\$5	Petorca	0	0	Normal
\$CB\$6	Viña	0	0	Normal
\$CC\$6	Quipué	0	0	Normal
\$CD\$6	Quillota	0	0	Normal
\$CE\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$CF\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$CG\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$CH\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$CI\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$CJ\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CK\$6	la Calera	0	0	Normal
\$CL\$6	Petorca	0	0	Normal
\$CB\$7	Viña	0	0	Normal
\$CC\$7	Quipué	0	0	Normal
\$CD\$7	Quillota	0	0	Normal
\$CE\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$CF\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$CG\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$CH\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$CI\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$CJ\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CK\$7	la Calera	0	0	Normal
\$CL\$7	Petorca	0	0	Normal
\$CB\$8	Viña	0	0	Normal
\$CC\$8	Quipué	0	0	Normal
\$CD\$8	Quillota	0	0	Normal
\$CE\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$CF\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$CG\$8	Los Andes	0	0	Normal
\$CH\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$CI\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$CJ\$8	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CK\$8	la Calera	0	0	Normal
\$CL\$8	Petorca	0	0	Normal
\$CO\$4	Viña	0	0	Normal
\$CP\$4	Quipué	0	0	Normal
\$CQ\$4	Quillota	0	0	Normal
\$CR\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$CS\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$CT\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$CU\$4	San Felipe	0	0	Normal

\$CV\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$CW\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CX\$4	la Calera	0	0	Normal
\$CY\$4	Petorca	0	0	Normal
\$CO\$5	Viña	0	0	Normal
\$CP\$5	Quipué	0	0	Normal
\$CQ\$5	Quillota	0	0	Normal
\$CR\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$CS\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$CT\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$CU\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$CV\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$CW\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CX\$5	la Calera	0	0	Normal
\$CY\$5	Petorca	0	0	Normal
\$CO\$6	Viña	0	0	Normal
\$CP\$6	Quipué	0	0	Normal
\$CQ\$6	Quillota	0	0	Normal
\$CR\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$CS\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$CT\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$CU\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$CV\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$CW\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CX\$6	la Calera	0	0	Normal
\$CY\$6	Petorca	0	0	Normal
\$CO\$7	Viña	0	0	Normal
\$CP\$7	Quipué	0	0	Normal
\$CQ\$7	Quillota	0	0	Normal
\$CR\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$CS\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$CT\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$CU\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$CV\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$CW\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CX\$7	la Calera	0	0	Normal
\$CY\$7	Petorca	0	0	Normal
\$CO\$8	Viña	0	0	Normal
\$CP\$8	Quipué	0	0	Normal
\$CQ\$8	Quillota	0	0	Normal
\$CR\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$CS\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$CT\$8	Los Andes	0	0	Normal

\$CU\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$CV\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$CW\$8	Puchuncavi	0	0	Normal
\$CX\$8	la Calera	0	0	Normal
\$CY\$8	Petorca	0	0	Normal
\$DB\$4	Viña	0	0	Normal
\$DC\$4	Quipué	0	0	Normal
\$DD\$4	Quillota	0	0	Normal
\$DE\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$DF\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$DG\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$DH\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$DI\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$DJ\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DK\$4	la Calera	0	0	Normal
\$DL\$4	Petorca	0	0	Normal
\$DB\$5	Viña	0	0	Normal
\$DC\$5	Quipué	0	0	Normal
\$DD\$5	Quillota	0	0	Normal
\$DE\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$DF\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$DG\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$DH\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$DI\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$DJ\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DK\$5	la Calera	0	0	Normal
\$DL\$5	Petorca	0	0	Normal
\$DB\$6	Viña	0	0	Normal
\$DC\$6	Quipué	0	0	Normal
\$DD\$6	Quillota	0	0	Normal
\$DE\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$DF\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$DG\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$DH\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$DI\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$DJ\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DK\$6	la Calera	0	0	Normal
\$DL\$6	Petorca	0	0	Normal
\$DB\$7	Viña	0	0	Normal
\$DC\$7	Quipué	0	0	Normal
\$DD\$7	Quillota	0	0	Normal
\$DE\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$DF\$7	La Ligua	0	0	Normal

\$DG\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$DH\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$DI\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$DJ\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DK\$7	la Calera	0	0	Normal
\$DL\$7	Petorca	0	0	Normal
\$DB\$8	Viña	0	0	Normal
\$DC\$8	Quipué	0	0	Normal
\$DD\$8	Quillota	0	0	Normal
\$DE\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$DF\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$DG\$8	Los Andes	0	0	Normal
\$DH\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$DI\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$DJ\$8	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DK\$8	la Calera	0	0	Normal
\$DL\$8	Petorca	0	0	Normal
\$DO\$4	Viña	0	0	Normal
\$DP\$4	Quipué	0	0	Normal
\$DQ\$4	Quillota	0	0	Normal
\$DR\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$DS\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$DT\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$DU\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$DV\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$DW\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DX\$4	la Calera	0	0	Normal
\$DY\$4	Petorca	0	0	Normal
\$DO\$5	Viña	0	0	Normal
\$DP\$5	Quipué	0	0	Normal
\$DQ\$5	Quillota	0	0	Normal
\$DR\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$DS\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$DT\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$DU\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$DV\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$DW\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DX\$5	la Calera	0	0	Normal
\$DY\$5	Petorca	0	0	Normal
\$DO\$6	Viña	0	0	Normal
\$DP\$6	Quipué	0	0	Normal
\$DQ\$6	Quillota	0	0	Normal
\$DR\$6	Algarrobo	0	0	Normal

\$DS\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$DT\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$DU\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$DV\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$DW\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DX\$6	la Calera	0	0	Normal
\$DY\$6	Petorca	0	0	Normal
\$DO\$7	Viña	0	0	Normal
\$DP\$7	Quipué	0	0	Normal
\$DQ\$7	Quillota	0	0	Normal
\$DR\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$DS\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$DT\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$DU\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$DV\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$DW\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DX\$7	la Calera	0	0	Normal
\$DY\$7	Petorca	0	0	Normal
\$DO\$8	Viña	0	0	Normal
\$DP\$8	Quipué	0	0	Normal
\$DQ\$8	Quillota	0	0	Normal
\$DR\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$DS\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$DT\$8	Los Andes	0	0	Normal
\$DU\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$DV\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$DW\$8	Puchuncavi	0	0	Normal
\$DX\$8	la Calera	0	0	Normal
\$DY\$8	Petorca	0	0	Normal
\$EB\$4	Viña	0	0	Normal
\$EC\$4	Quipué	0	0	Normal
\$ED\$4	Quillota	0	0	Normal
\$EE\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$EF\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$EG\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$EH\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$EI\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$EJ\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EK\$4	la Calera	0	0	Normal
\$EL\$4	Petorca	0	0	Normal
\$EB\$5	Viña	0	0	Normal
\$EC\$5	Quipué	0	0	Normal
\$ED\$5	Quillota	0	0	Normal

\$EE\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$EF\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$EG\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$EH\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$EI\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$EJ\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EK\$5	la Calera	0	0	Normal
\$EL\$5	Petorca	0	0	Normal
\$EB\$6	Viña	0	0	Normal
\$EC\$6	Quipué	0	0	Normal
\$ED\$6	Quillota	0	0	Normal
\$EE\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$EF\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$EG\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$EH\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$EI\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$EJ\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EK\$6	la Calera	0	0	Normal
\$EL\$6	Petorca	0	0	Normal
\$EB\$7	Viña	0	0	Normal
\$EC\$7	Quipué	0	0	Normal
\$ED\$7	Quillota	0	0	Normal
\$EE\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$EF\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$EG\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$EH\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$EI\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$EJ\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EK\$7	la Calera	0	0	Normal
\$EL\$7	Petorca	0	0	Normal
\$EB\$8	Viña	0	0	Normal
\$EC\$8	Quipué	0	0	Normal
\$ED\$8	Quillota	0	0	Normal
\$EE\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$EF\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$EG\$8	Los Andes	0	0	Normal
\$EH\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$EI\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$EJ\$8	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EK\$8	la Calera	0	0	Normal
\$EL\$8	Petorca	0	0	Normal
\$EO\$4	Viña	0	0	Normal
\$EP\$4	Quipué	0	0	Normal

\$EQ\$4	Quillota	0	0	Normal
\$ER\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$ES\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$ET\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$EU\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$EV\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$EW\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EX\$4	la Calera	0	0	Normal
\$EY\$4	Petorca	0	0	Normal
\$EO\$5	Viña	0	0	Normal
\$EP\$5	Quipué	0	0	Normal
\$EQ\$5	Quillota	0	0	Normal
\$ER\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$ES\$5	La Ligua	0	0	Normal
\$ET\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$EU\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$EV\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$EW\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EX\$5	la Calera	0	0	Normal
\$EY\$5	Petorca	0	0	Normal
\$EO\$6	Viña	0	0	Normal
\$EP\$6	Quipué	0	0	Normal
\$EQ\$6	Quillota	0	0	Normal
\$ER\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$ES\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$ET\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$EU\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$EV\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$EW\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EX\$6	la Calera	0	0	Normal
\$EY\$6	Petorca	0	0	Normal
\$EO\$7	Viña	0	0	Normal
\$EP\$7	Quipué	0	0	Normal
\$EQ\$7	Quillota	0	0	Normal
\$ER\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$ES\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$ET\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$EU\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$EV\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$EW\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EX\$7	la Calera	0	0	Normal
\$EY\$7	Petorca	0	0	Normal
\$EO\$8	Viña	0	0	Normal



\$EP\$8	Quipué	0	0	Normal
\$EQ\$8	Quillota	0	0	Normal
\$ER\$8	Algarrobo	0	0	Normal
\$ES\$8	La Ligua	0	0	Normal
\$ET\$8	Los Andes	0	0	Normal
\$EU\$8	San Felipe	0	0	Normal
\$EV\$8	San Antonio	0	0	Normal
\$EW\$8	Puchuncavi	0	0	Normal
\$EX\$8	la Calera	0	0	Normal
\$EY\$8	Petorca	0	0	Normal
\$O\$13	Viña	19933	19933	Normal
\$P\$13	Quipué	0	0	Normal
\$Q\$13	Quillota	0	0	Normal
\$R\$13	Algarrobo	0	0	Normal
\$S\$13	La Ligua	0	0	Normal
\$T\$13	Los Andes	23710	23710	Normal
\$U\$13	San Felipe	0	0	Normal
\$V\$13	San Antonio	0	0	Normal
\$W\$13	Puchuncavi	0	0	Normal
\$X\$13	la Calera	0	0	Normal
\$Y\$13	Petorca	0	0	Normal
\$Z\$13	RM	0	0	Normal
\$O\$14	Viña	21618	21618	Normal
\$P\$14	Quipué	0	0	Normal
\$Q\$14	Quillota	0	0	Normal
\$R\$14	Algarrobo	0	0	Normal
\$S\$14	La Ligua	0	0	Normal
\$T\$14	Los Andes	26442	26442	Normal
\$U\$14	San Felipe	0	0	Normal
\$V\$14	San Antonio	0	0	Normal
\$W\$14	Puchuncavi	0	0	Normal
\$X\$14	la Calera	0	0	Normal
\$Y\$14	Petorca	0	0	Normal
\$Z\$14	RM	0	0	Normal
\$O\$15	Viña	22303	22303	Normal
\$P\$15	Quipué	0	0	Normal
\$Q\$15	Quillota	0	0	Normal
\$R\$15	Algarrobo	0	0	Normal
\$S\$15	La Ligua	0	0	Normal
\$T\$15	Los Andes	26246	26246	Normal
\$U\$15	San Felipe	0	0	Normal
\$V\$15	San Antonio	0	0	Normal
\$W\$15	Puchuncavi	0	0	Normal

\$X\$15	la Calera	0	0	Normal
\$Y\$15	Petorca	0	0	Normal
\$Z\$15	RM	0	0	Normal
\$O\$16	Viña	27880	27880	Normal
\$P\$16	Quipué	0	0	Normal
\$Q\$16	Quillota	0	0	Normal
\$R\$16	Algarrobo	0	0	Normal
\$S\$16	La Ligua	0	0	Normal
\$T\$16	Los Andes	28334	28334	Normal
\$U\$16	San Felipe	0	0	Normal
\$V\$16	San Antonio	0	0	Normal
\$W\$16	Puchuncavi	0	0	Normal
\$X\$16	la Calera	0	0	Normal
\$Y\$16	Petorca	0	0	Normal
\$Z\$16	RM	0	0	Normal
\$O\$17	Viña	29016	29016	Normal
\$P\$17	Quipué	0	0	Normal
\$Q\$17	Quillota	0	0	Normal
\$R\$17	Algarrobo	0	0	Normal
\$S\$17	La Ligua	0	0	Normal
\$T\$17	Los Andes	28654	28654	Normal
\$U\$17	San Felipe	0	0	Normal
\$V\$17	San Antonio	0	0	Normal
\$W\$17	Puchuncavi	0	0	Normal
\$X\$17	la Calera	0	0	Normal
\$Y\$17	Petorca	0	0	Normal
\$Z\$17	RM	0	0	Normal
\$O\$4	Viña	0	0	Normal
\$P\$4	Quipué	0	0	Normal
\$Q\$4	Quillota	0	0	Normal
\$R\$4	Algarrobo	0	0	Normal
\$S\$4	La Ligua	0	0	Normal
\$T\$4	Los Andes	0	0	Normal
\$U\$4	San Felipe	0	0	Normal
\$V\$4	San Antonio	0	0	Normal
\$W\$4	Puchuncavi	0	0	Normal
\$X\$4	la Calera	0	0	Normal
\$Y\$4	Petorca	0	0	Normal
\$O\$5	Viña	0	0	Normal
\$P\$5	Quipué	0	0	Normal
\$Q\$5	Quillota	0	0	Normal
\$R\$5	Algarrobo	0	0	Normal
\$S\$5	La Ligua	0	0	Normal

\$T\$5	Los Andes	0	0	Normal
\$U\$5	San Felipe	0	0	Normal
\$V\$5	San Antonio	0	0	Normal
\$W\$5	Puchuncavi	0	0	Normal
\$X\$5	la Calera	0	0	Normal
\$Y\$5	Petorca	0	0	Normal
\$O\$6	Viña	0	0	Normal
\$P\$6	Quipué	0	0	Normal
\$Q\$6	Quillota	0	0	Normal
\$R\$6	Algarrobo	0	0	Normal
\$S\$6	La Ligua	0	0	Normal
\$T\$6	Los Andes	0	0	Normal
\$U\$6	San Felipe	0	0	Normal
\$V\$6	San Antonio	0	0	Normal
\$W\$6	Puchuncavi	0	0	Normal
\$X\$6	la Calera	0	0	Normal
\$Y\$6	Petorca	0	0	Normal
\$O\$7	Viña	0	0	Normal
\$P\$7	Quipué	0	0	Normal
\$Q\$7	Quillota	0	0	Normal
\$R\$7	Algarrobo	0	0	Normal
\$S\$7	La Ligua	0	0	Normal
\$T\$7	Los Andes	0	0	Normal
\$U\$7	San Felipe	0	0	Normal
\$V\$7	San Antonio	0	0	Normal
\$W\$7	Puchuncavi	0	0	Normal
\$X\$7	la Calera	0	0	Normal
\$Y\$7	Petorca	0	0	Normal

Constraint

s

## ANEXO VI: REPORTE DE SENSIBILIDAD DEL MODELO APLICANDO ANALYTIC SOLVER PLATFORM

### Reporte de Análisis de Sensibilidad

Costo de Transporte de planta a zona de Viña del Mar	Costo de Transporte de planta a zona de Los Andes	Costo de Transporte desde Cd Viña a zona de Viña del mar	[Modelo III solver anual (12 CD max) con integer.xlsx]Solver!\$F\$36
9.524	6.166	5.268	4.639.499.679
9.735	6.303	5.385	4.696.242.199
9.947	6.440	5.502	4.752.984.720
10.159	6.577	5.620	4.809.727.240
10.370	6.714	5.737	4.866.469.760
10.582	6.851	5.854	4.923.212.281
10.794	6.988	5.971	4.979.954.801
11.005	7.125	6.088	5.036.697.322
11.217	7.262	6.205	5.093.439.842
11.429	7.399	6.322	5.150.182.363
11.640	7.536	6.439	5.206.924.883

### Reporte del modelo

**Microsoft Excel 14.0 Structure Report**  
**Worksheet: [Reporte sensibilidad.xlsx]Solver**  
**Report Created: 23/12/2013 13:44:43**  
**Model Type: LP/MIP Assumption: NLP**

#### Statistics

	Variables	Functions	Dependents
All	824	301	2645
Smooth	824	301	2645
Linear	824	301	2645