

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**REDISEÑO DEL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS PARA UNA EMPRESA DE
ÁRIDOS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

JOSÉ IVÁN MARIPANGUI GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA:

PATRICIO CONCA KEHL

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

RICARDO SAN MARTÍN ZURITA

XIMENA SCHULTZ SORIANO

SANTIAGO DE CHILE

ENERO 2009

REDISEÑO DEL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS PARA UNA EMPRESA DE ARIDOS

El objetivo general del presente Trabajo de Título correspondió a rediseñar el proceso de distribución de una empresa de áridos con el fin de adecuarse a la demanda. Actualmente la empresa trabaja con camiones que no realizan un trabajo exclusivo para ella, lo que provoca ineficiencias que pueden ser superadas realizando los despachos con camiones exclusivos.

Para el cumplimiento del objetivo, se siguió la siguiente metodología:

- En primer lugar se determinaron las condiciones que deben cumplirse para que la empresa de áridos pueda trabajar con empresas transportistas exclusivas.
- Luego, se realizó un estudio de costos de las empresas transportistas, con el fin de determinar la tarifa a pagar por el trabajo realizado.
- Se pronosticó la demanda para la empresa durante el año 2009.
- Finalmente, se efectuó una simulación con la cual se determinó la cantidad de camiones fijos para realizar los despachos durante el año proyectado.

Entre las principales conclusiones se tienen las siguientes:

- Se determinó que para contar con empresas transportistas que desarrollen un servicio exclusivo para la empresa de áridos, se requiere una serie de responsabilidades que deben ser cumplidas por ambas partes. Dentro de las más importantes se encontró que la empresa de áridos debe asegurar un nivel de trabajo para cada camión fijo, y a su vez, las empresas transportistas deben ser efectivas en el trabajo comprometido. Dado lo anterior, se consideró muy importante contar con un sistema de control del funcionamiento de los camiones exclusivos.
- Por otro lado, se determinó que el pago a los camiones fijos debe realizarse considerando la ida y el retorno. Actualmente se paga considerando solo la ida. Esto motivaría al conductor a retornar a la planta para poder realizar otro despacho. Se calculó una tarifa para el año 2009, de 32 pesos por cada metro cúbico transportado y cada kilómetro andado para camiones del tipo batea, y de 36,7 para camiones tipo tolva.
- Se concluyó que es importante para la empresa mantener un costo de transporte bajo, debido a que sus clientes se encuentran preferentemente en zonas alejadas de las plantas productivas.

- Finalmente, se estimó una cantidad de 38 bateas y 25 tolvas para una proyección de ventas de 2.253.267 m³ para el año 2009. Estos camiones cubren cerca del 90% de las horas de trabajo que deben realizarse en el proceso de despacho del año 2009.

El contar con una flota de camiones fijos y exclusivos conlleva un mejoramiento del servicio al cliente y brinda una mayor seguridad a la empresa.

Agradecimientos

Deseo agradecer a todas las personas que me ayudaron en la elaboración del presente trabajo.

A Patricio Conca y Ricardo San Martín, mis profesores guía y coga, quienes siempre mostraron una gran interés en orientarme en el desarrollo del trabajo, siendo siempre oportunos y asertivos en sus comentarios. Agradezco profundamente todo el apoyo brindado a lo largo del tiempo en que se desarrolló el trabajo.

Al profesor Luis Aburto, por orientarme y prestarme ayuda en el desarrollo de una parte importante del Trabajo de Título, en el cual realmente estaba desorientado.

A Ricardo Navarro, jefe del área de Logística y Distribución de Lafarge Áridos, quien siempre tuvo una gran disposición para responder mis dudas y no tuvo problemas en traspasar su experiencia y conocimiento del área.

A la profesora Ximena Schultz, gracias a su rigurosidad en la corrección y en los detalles de las formas, fue posible redactar un trabajo mucho más claro.

Al equipo de Lafarge Áridos, por la confianza demostrada y por la cooperación en los momentos que la requería.

No puedo dejar de mencionar a mis papás, Cristián Maripangui y Loreto González. Quienes trascienden a esta memoria, pues han estado siempre cuando los he necesitado durante toda mi vida... ya estamos llegando al final de una etapa.

A mis hermanos, Loreto, Natalia, Cristián, Rodrigo y César. Con quienes llevo muchos años compartiendo alegrías. Ahora es su turno.

A mi tía Mónica González, por todos los momentos compartidos.

A Carla Orozco, te amo linda, y no puedo dejar de agradecer el echo que siempre has estado cuando te he necesitado.

ÍNDICE CONTENIDOS

1	Introducción	1
1.1	Respecto a la Empresa	1
1.1.1	Áridos	1
1.1.2	Sector Industrial	2
1.1.3	Reseña Histórica	2
1.1.4	Logística y Distribución	3
1.2	Situación Actual	3
2	Descripción del Trabajo	6
2.1	Objetivos	6
2.2	Justificación	7
2.3	Alcances	8
2.4	Marco Conceptual	8
2.5	Metodología	9
3	Desarrollo del Trabajo de Título	11
3.1	Consideraciones de Contrato con Transportistas	11
3.2	Costos de las Empresas Transportistas	14
3.2.1	Camiones Considerados	14
3.2.2	Costos de la Empresa Transportista	15
3.2.3	Consideraciones para Determinar la Tarifa	17
3.2.4	Análisis de la Tarifa a Pagar	19
3.2.4.1	Escenarios	19
3.2.5	Análisis de Sensibilidad	20
3.2.5.1	Análisis de Sensibilidad Bateas	20
3.2.5.2	Análisis de Sensibilidad Tolvas	23
3.2.6	Caso Flota Propia	25

3.2.7	Mix de Camiones del Transportista	26
3.3	Proyección de Demanda	29
3.3.1	Datos Históricos de las Ventas de la Empresa	29
3.3.2	Áridos y el Cemento	31
3.3.3	Áridos y el Asfalto	33
3.3.4	Análisis de las Ventas de Cemento	33
3.3.5	Predicción de los Despachos de Cemento	35
3.3.5.1	Predicción Utilizando Suavizamiento Exponencial	36
3.3.5.1.1	Modelo de Suavizamiento Exponencial Utilizando la Muestra de Calibración	36
3.3.5.1.2	Modelo de Suavizamiento Exponencial Utilizando la Muestra de Validación	37
3.3.5.2	Predicción Utilizando ARIMA	38
3.3.5.2.1	Modelo ARIMA Utilizando la Muestra de Calibración	39
3.3.5.2.2	Modelo ARIMA Utilizando la Muestra de Validación	39
3.3.5.3	Comparación de los Modelos	40
3.3.5.4	Estimación de la Demanda de la Industria	41
3.3.5.5	Proyección de la Demanda de la Empresa	43
3.3.6	Otros Productos	44
3.4	Determinación de la Cantidad de Camiones Fijos	44
3.4.1	Análisis de los Clientes	44
3.4.2	Zonificación	47
3.4.3	Áreas de Influencia de las Plantas	49
3.4.4	Despachos Diarios	50
3.4.5	Simulación	50
3.4.6	Resultados Simulación	52
3.4.7	Análisis Sensibilidad de la Cantidad de Camiones	54

4	Conclusiones	57
5	Bibliografía	59

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1,	Ítems Mantención	16
Tabla 2,	Escenarios Batea	20
Tabla 3,	Escenario Tolva	20
Tabla 4,	Flujos Operacionales Batea con Leasing a 3 Años	27
Tabla 5,	Flujo Operacional Escenario Esperado Bateas Pagadas y no Pagadas	28
Tabla 6,	Rentabilidad <i>Mix</i> Bateas	28
Tabla 7,	Rentabilidad <i>Mix</i> Tolvas	29
Tabla 8,	Participación de los Canales de Distribución del Cemento en la Región Metropolitana	32
Tabla 9,	Participación del Cemento en la Región Metropolitana Según Uso	32
Tabla 10,	Dosis en M ³ de Áridos por M ³ de Producto	33
Tabla 11,	Parámetros del Modelo de Suavizamiento Exponencial	36
Tabla 12,	Indicadores del Modelo de Suavizamiento Exponencial, Muestra de Calibración	37
Tabla 13,	Indicadores del Modelo de Suavizamiento Exponencial, Muestra de Validación	38
Tabla 14	Indicadores del Modelo ARIMA, Muestra de Calibración	39
Tabla 15,	Indicadores Modelo ARIMA, Muestra de Validación	40
Tabla 16,	Comparación de los Modelos	41
Tabla 17,	Proyección de Demanda para el 2009	43
Tabla 18,	Proyección Demanda Otros Productos	44
Tabla 19,	Velocidad Media	49
Tabla 20,	Distribución Volumen en Áreas para el Año 2008	49
Tabla 21,	Distribución del Volumen de cada Planta en las Áreas de Influencia	52
Tabla 22,	Resultado Simulación Batea Otros Clientes	53

Tabla 23, Resultado Simulación Tolvas Otros Clientes	53
Tabla 24, Resultado Simulación Bateas Lafarge Hormigones	54
Tabla 25, Flota Fija para el año 2009	54
Tabla 26, Variación de la Cantidad de Bateas para Lafarge Hormigones	55
Tabla 27, Variación de la Cantidad de Bateas para Otros Clientes	56
Tabla 28, Variación de la Cantidad de Tolvas para Otros Clientes	57

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Principales Plantas de Áridos	3
Ilustración 2, Batea	4
Ilustración 3, Tolva	5
Ilustración 4, Vuelta	17
Ilustración 5, Lafarge Hormigones	45
Ilustración 6, Otros Clientes	46
Ilustración 7, Zonas Actuales	47
Ilustración 8, Puntos Medios Zonas Nuevas	48

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1, Batea: Tarifa v/s Tasa	21
Gráfico 2, Batea: Tarifa V/S Petróleo	21
Gráfico 3, Batea: Tarifa V/S Tipo de Cambio	21
Gráfico 4, Batea: Tarifa V/S Costo del Camión	22
Gráfico 5, Batea: Tarifa V/S Vueltas en el Mes	22
Gráfico 6, Batea: Análisis Costo Anual Empresa Transportista	23
Gráfico 7, Tolvas: Tarifa v/s Tasa	23
Gráfico 8, Tolva: Tarifa v/s Petróleo	24
Gráfico 9, Tolva: Tarifa v/s Tipo de Cambio	24
Gráfico 10, Tolva: Tarifa v/s Valor Camión	24
Gráfico 11, Tolva: Tarifa v/s Vueltas Mensuales	25

Gráfico 12, Análisis Costo Anual Tolvas Empresa Transportista	25
Gráfico 13, Costo M ³ KM Para cada Año, Flota Propia	26
Gráfico 14, Ventas de Lafarge Áridos	30
Gráfico 15, Ventas de Lafarge Áridos de Productos A	30
Gráfico 16, Ventas de Lafarge Áridos de Productos B	30
Gráfico 17, Ventas Agregadas por Tipo de Productos	31
Gráfico 18, Despachos Mensuales de Cemento	34
Gráfico 19, Diagrama de Caja de los Despachos de Cemento	34
Gráfico 20, Auto correlación del Cemento	35
Gráfico 21, Auto correlación Parcial del Cemento	35
Gráfico 22, Predicción por Suavizamiento	37
Gráfico 23, Modelo de Suavizamiento Exponencial, Muestra Validación	38
Gráfico 24, Predicción Utilizando ARIMA	39
Gráfico 25, Predicción ARIMA, Muestra de Validación	40
Gráfico 26, Participación de los Canales de Venta del Cemento	41
Gráfico 27, Volumen Industria v/s Volumen Lafarge	42
Gráfico 28, Comparación Ventas de Lafarge con 12,3% de la industria del año 2008	42
Gráfico 29, Participación de Mercado de Lafarge Áridos en el Tiempo	43
Gráfico 30, Variación de la Cantidad de Camiones para Lafarge Hormigones	55
Gráfico 31, Variación de la Cantidad de Camiones para Otros Cliente	56
Gráfico 22, Variación de la Cantidad de Tolvas para Otros Clientes	57

ÍNDICE ANEXOS

Anexo A. Relación Áridos para Asfalto v/s Áridos para Cemento	i
Anexo B. Crisis Económica	ii
Anexo C. Determinación de los Costos del Transportista	iii

Anexo D. Formulario Empresas Transportistas	ix
Anexo E. Puntos Medios Zonas Nuevas	xi
Anexo F. Distancia Planta-Zona Nueva	xv
Anexo G. Áreas de Influencia	xviii
Anexo H. Función de Distribución de los Despachos de Lafarge Áridos	xxii
Anexo I. Procedimiento Simulación	xxvii
Anexo k. Cantidad de Iteraciones	xxxvi

1 Introducción

Actualmente, los camiones que realizan las entregas de los productos a los clientes de la empresa Lafarge Áridos son de terceros y no prestan un servicio exclusivo.

No existe un contrato que involucre fuertemente a ambas partes, por lo cual la empresa puede prescindir de los camiones en cualquier momento. Las empresas transportistas pueden no presentar sus camiones. Ninguna de estas acciones lleva a tomar medidas compensatorias.

En el presente trabajo se determinan las condiciones necesarias para que la distribución de los productos que vende Lafarge Áridos en la región Metropolitana sea realizada por camiones que presten servicio de manera exclusiva a ésta.

1.1 Respecto a la Empresa

La empresa en la cual se realiza el Trabajo de Título es Lafarge Áridos Limitada, desde ahora “la empresa”, antes conocida como Megáridos Limitada. Ésta empresa corresponde a la división de áridos de Lafarge Chile, ex Melón. Cabe mencionar que Lafarge es una empresa multinacional de origen francés que adquirió Melón en Chile.

Lafarge Chile, produce, comercializa, y provee los siguientes productos: cemento, hormigón premezclado, morteros predosificados, y áridos. Lo anterior lo realiza en forma directa o a través de sus empresas filiales o líneas de negocio.

La empresa cuenta con divisiones en distintas regiones del país, siendo la más importante la región Metropolitana. Ésta es responsable de más del 70% del volumen de áridos vendido¹ por la empresa. Cabe mencionar que en esta región la empresa vende sobre los 100.000 metros cúbicos mensuales.

Lafarge Áridos cuenta en la región metropolitana con una planta productora propia y 11 plantas asociadas (de terceros). Entre estas plantas, cerca del 90% de los productos se obtiene de tan solo 3 (una propia y dos externas), las cuales se encuentran ubicadas en los sectores Sur, Sur Oriente y Sur Poniente de Santiago.

1.1.1 Áridos

“El término árido define a todo material inerte, duro de forma y tamaño estable. La clasificación de los áridos, de acuerdo a su origen, se puede dividir en dos tipos, los obtenidos de la naturaleza y los generados de manera artificial”²1.

¹ Obtenido a partir de datos de Rodrigo Díaz. Finanzas, Lafarge Áridos

² Según lo indicado por Francisco Aravena en su Memoria Análisis Industrial de los Áridos en la Región Metropolitana.

En la actualidad el uso de los áridos, como insumo fundamental de la construcción, se concentra en tres grandes áreas:

- Áridos para derivados del cemento (Hormigón y Morteros).
- Áridos para pavimentos Asfálticos.
- Áridos para Bases y otros usos.

Los áridos participan en dichos productos como el “esqueleto inerte” el cual es cohesionado mediante uso de aglomerante, siendo los más importantes los calcáreos (para hormigones y morteros) y los bituminosos (para pavimentos asfálticos y bases).

En las plantas productoras de la empresa se produce distintos tipos de de áridos: grava, gravilla, arena, estabilizado, además de la extracción de integral.

El integral es la materia prima con la cual se produce los productos mencionados anteriormente. Este material se obtiene desde los cauces de los ríos o desde canteras.

1.1.2 Sector Industrial

La industria del árido es una industria atomizada, de presencia nacional y conformada en su mayoría por empresas pequeñas de orden local. Existen empresas de mayor envergadura, asociadas a empresas hormigoneras, del rubro del cemento y otras independientes.

1.1.3 Reseña Histórica

Lafarge Áridos nació en 1993 como una filial de Hormigones Premix, bajo el nombre de Megáridos (nombre que mantuvo hasta el 31 de Diciembre de 2004), con el propósito de asegurar el abastecimiento de áridos de calidad, a los distintos participantes de la industria de la construcción en Chile.

Con el tiempo, Lafarge Áridos se ha ido constituyendo como un líder a nivel nacional, tanto por la calidad de sus productos como por un servicio diseñado especialmente para cumplir con sus compromisos.

Lafarge Chile S.A. es una sociedad anónima abierta, cuyo origen se remonta a 1906 y que, entre los años 1971 y 1979 pasó a ser controlada por CORFO, entidad que vendió sus acciones a la sociedad Cementos Overseas Holdings Ltd., vinculada a la compañía británica Blue Circle Industries PLC.

En 1982 fue modificada la razón social, quedando con el nombre de “Cemento Melón S.A.”, y, en 1997, se adoptó como nueva razón social “Empresas Melón S.A.”. En julio del año 2001, la sociedad francesa Lafarge S.A. compró Blue Circle Industries PLC, pasando de ese modo a ser la controladora de Empresas Melón S.A. En abril del año 2007 se adoptó la actual razón social “Lafarge Chile S.A.”

Lafarge Chile S.A., en forma directa o a través de sus empresas filiales, produce cemento, hormigón premezclado, morteros pre dosificados y áridos.

Lafarge Chile S.A., comercializa y provee a empresas distribuidoras de materiales de construcción, a empresas constructoras ligadas a los sectores inmobiliario, a las de infraestructura, de obras civiles y de minería, y a empresas de prefabricados de hormigón a lo largo de todo el país.

1.1.4 Logística y Distribución

El área de logística y distribución es responsable del manejo de la flota con el fin de realizar los despachos de productos de manera diaria. Existe una coordinación semanal con el área comercial para determinar cual es la cantidad de camiones necesaria.

La empresa requiere de una importante cantidad de camiones para realizar los despachos a los clientes. Estos camiones no son propios. La cantidad de camiones varía dependiendo de las ventas de áridos y la disponibilidad de las empresas transportistas.

Ilustración 1. Principales Plantas de Áridos



Fuente: Eduardo Parada. Marketing y Performance Lafarge Áridos

En la figura, la ubicación de las plantas de áridos se marca con círculos amarillos.

El trabajo es realizado en el Área de Distribución y Logística de la empresa. La cual tiene a cargo la realización de los despachos de productos en la región Metropolitana. Para ello cuenta con una flota superior a los 50 camiones.

1.2 Situación Actual

El área de logística y distribución está a cargo de realizar la entrega de los productos desde las plantas. Ésta se puede realizar de dos formas: el cliente retira los productos directamente de la

planta, o bien, se despacha al lugar indicado por el cliente al área comercial en el momento en que se efectúa el negocio.

En el caso que el cliente retire el producto en la planta, se debe determinar si el camión cumple con las condiciones necesarias para entrar a la planta y se debe medir la capacidad de éste.

Si el cliente no retira el producto en planta, se debe despachar al lugar indicado. Esta última modalidad de entrega es la que está en análisis en el presente trabajo.

La cantidad de camiones a disposición de la empresa varía de manera diaria. Esta variabilidad se debe a que no se cuenta con un contrato fuerte entre la empresa y las empresas transportistas, desde ahora las transportistas. De este modo, la empresa puede decidir contar o no con los camiones de un transportista en un día determinado. De la misma forma, una transportista puede no presentar sus camiones sin previo aviso.

Existen dos tipos de camiones en que se realizan los despachos, estos corresponden que puede transportar corresponde a 20 metros cúbicos³.

Ilustración 2, Batea



Fuente: Eduardo Parada, Marketing y Performance Lafarge Áridos.

Una tolva es un camión que tiene integrado el sistema de carga. Su capacidad es de 13 metros cúbicos⁴.

³ Las bateas varían en su capacidad, siendo en general de 20 metros cúbicos, dado que con esta capacidad se evitan problemas de exceso de peso.

⁴ Las tolvas varían en su capacidad, siendo en general de 13 metros cúbicos, la empresa busca contar con transportistas que cuenten con tolvas de la capacidad mencionada.

Ilustración 3, Tolva



Fuente: Eduardo Parada, Marketing y Performance Lafarge Áridos

Con el fin de facilitar el pago por los despachos realizados, la empresa ha dividido la región Metropolitana en distintas zonas de despacho.

El pago por cada despacho se realiza considerando el tipo de camión, la capacidad de transporte de éste y la distancia⁵ entre la planta desde la que se obtiene el producto y la zona en que se debe realizar la descarga.

En definitiva, la tarifa pagada corresponde a un valor por metro cúbico y kilómetro (m^3km) de cada despacho.

Este valor, para bateas corresponde a \$65 por m^3km . Para tolvas corresponde a \$85 por m^3km . A estos valores, se le agrega el peaje de las autopistas, comúnmente llamado *tag*. En promedio es de \$4 por despacho.

De este modo, si la distancia asignada desde la planta a la zona de despacho corresponde a 25 kilómetros, y el camión es del tipo batea con capacidad de 20 m^3 , el pago por el despacho es de \$32.500 como base más el *tag*.

El cobro por el transporte de productos al cliente se realiza de un modo similar al del pago al transportista. Se considera la planta de origen y la zona de despacho en la cual se realiza la entrega. Esto es, a todos los lugares de despacho de una determinada zona se les cobra el mismo valor.

Actualmente la manera de operar presenta una serie de ineficiencias, lo que conlleva problemas en la gestión del área de logística y distribución y la empresa es general. Las principales ineficiencias se enumeran a continuación:

- En ocasiones se sobredimensiona el costo del despacho, con lo cual el costo del transporte para el cliente es muy elevado. Esto provoca problemas al momento de llevar a cabo negocios por parte del área comercial.
- A veces, el costo del despacho es subvalorado, con lo cual el viaje que realiza el camión cuesta más que el ingreso que le reporta. Lo cual lleva a que el transportista se sienta disconforme con el pago por el trabajo realizado.

⁵ La distancia corresponde a un kilometraje asignado desde la planta hasta la zona de despacho en la cual se realiza la entrega del producto.

- Cada día no se conoce el número exacto de camiones con los que se cuenta. Esto ocurre debido a que puede haber transportistas que no presenten sus camiones para realizar los despachos de la empresa.
- La falta de camiones para un día en particular lleva a un desorden en la operación de ese día. Este desorden puede llevar a:
 - priorizar clientes, por ende, a no cumplir con los despachos prometidos.
 - conseguir camiones dentro del mismo día, pagando un costo más elevado por el despacho. Este mayor costo no es traspasado al cliente.
- Se da el caso que transportistas se niegan a realizar despachos a ciertas zonas, o desde ciertas plantas, dado que no lo consideran económicamente conveniente. Esto es un factor negativo para el funcionamiento operacional y además puede provocar que el resto de los transportistas comience a exigir condiciones similares.
- La mayor parte de los camiones que actualmente trabajan con la empresa tienen una gran cantidad de años de uso. Un camión con varios años de uso (sobre 7) es menos seguro y confiable que uno nuevo. La empresa espera contar con camiones que presenten una mayor seguridad y confiabilidad.
- Actualmente no se cuenta con un sistema para controlar el funcionamiento de la flota, solo se sabe que cada camión sale de la planta y retorna, sin conocer sus detenciones ni llevar control del tiempo que tarda en realizar el ciclo.

2 Descripción del Trabajo

En este capítulo se da a conocer las líneas generales del Trabajo de Título que se desarrolla en el próximo capítulo

2.1 Objetivos

- Objetivo General
 - Rediseñar el proceso de distribución de los productos de una empresa de áridos con el fin de adecuarse a la demanda de la empresa.
- Objetivos Específicos
 - Establecer condiciones para la situación contractual entre Lafarge Áridos y las empresas transportistas que presten servicios de manera fija.
 - Determinar la tarifa a pagar a los camiones por los despachos realizados.
 - Determinar la flota fija con la que debe disponer la empresa.

- Determinar áreas de influencia⁶ para cada una de las principales plantas productoras asociadas a la empresa, con el fin que el tiempo máximo de respuesta ante un despacho dentro de cada área sea uniforme.

2.2 Justificación

Actualmente no se ha determinado cual es la flota con la que debe contar la empresa con el fin de responder ante la demanda. Tampoco se ha determinado si el valor que paga por los despachos es adecuado a la realidad del transportista.

La empresa está en un plan para subir sus estándares de seguridad, con el fin de llegar a un nivel de seguridad que implique tener “cero accidentes”. Lo anterior involucra al personal directo de ésta y a los contratistas. Para esto es fundamental tener gente comprometida y estable.

La empresa no dispone de una flota comprometida para llevar a cabo los despachos. Ésta es variable. La empresa puede prescindir de los camiones en cualquier momento, sin que exista alguna cláusula de por medio. Los empresarios de camiones pueden decidir no presentar sus camiones en la empresa. Esto lleva a que el empresario transportista decida impredeciblemente no asistir a las plantas de áridos para realizar despachos, debido a que se le presenta una mejor alternativa.

Esto último acarrea problemas en la administración, debido a que el área de logística debe conseguir camiones dentro del mismo día. Lo anterior implica que tarda la respuesta final de la empresa en el despacho de productos a los clientes dentro del día y conlleva a un costo extra para ella. En general el costo a pagar por un camión conseguido dentro del mismo día es de \$100 m³km para bateas y \$130 m³km para tolvas⁷.

Las empresas transportistas tienen incentivos perversos para dejar la empresa, dado que existen días en que sus camiones pasan un gran tiempo detenidos, esperando por trabajo, por lo cual el transportista ve la necesidad de buscar un trabajo alternativo.

El mes de agosto del año 2008, solamente en la región Metropolitana, la empresa tuvo más de 25 empresas transportistas asociadas. A juicio de expertos⁸, lo más conveniente es un número bastante menor, entre 3 y 4 empresas transportistas asociadas.

Las empresas de transporte finalmente van rotando.

Lo ideal es contar con transportistas que tengan trabajo estable y asegurado que cumplan con estándares de seguridad de acorde a la empresa y que les sea un negocio atractivo tal que puedan subsistir y mejorar en el tiempo.

La empresa cuenta con una serie de normas de comportamiento dentro de las plantas, dentro de las obras y en el trayecto desde la planta a la obra. Además existe una normativa legal para la conducción de camiones.

⁶ Área de influencia corresponde al sector alrededor de una planta en que el tiempo que tarda el camión desde que sale de la planta hasta que llega al lugar indicado para realizar el despacho es menor o igual a un tiempo dado.

⁷ Fuente: Ricardo Navarro, Logística y Distribución, Lafarge Áridos.

⁸ Fuente: José Mosquera, Profesor del ramo de Trabajo de Título.

Los choferes muchas veces no cumplen con estas normas. De este modo, están más propensos a tener o provocar accidentes que en el caso que si las cumplieran.

Por lo anterior, es necesario rediseñar el proceso de distribución de productos, determinando las condiciones para que la empresa cuente con transportistas exclusivos con los estándares de seguridad y compromiso deseados.

2.3 Alcances

El trabajo considera solo la región Metropolitana, por lo cual no se aborda la distribución de productos para las divisiones de otras regiones de Lafarge Áridos.

Se considera determinar la flota que la empresa requiere para responder a la demanda del año 2009.

El trabajo se centra en las tres plantas principales asociadas a la empresa.

2.4 Marco Conceptual

El Trabajo de Título considera las plantas más importantes asociadas a Lafarge Áridos, éstas corresponden a: Pozo San Bernardo (PSB), Coinfra (CF) y Semot (SM), ordenadas por importancia según volumen de despacho del año 2008⁹.

Se resuelve el problema para el año 2009. El volumen de venta debe ser considerado de manera mensual, dado que existen alzas y bajas mensuales.

Los distintos tipos de áridos son utilizados por empresas relacionadas con el rubro de la construcción.

La demanda de la empresa puede considerarse por tipos de clientes. El cliente principal corresponde a Lafarge Hormigones, responsable de gran parte del volumen de venta de la empresa.

Éste cliente requiere arena, grava y gravilla en sus plantas, las cuales tienen una ubicación fija y un volumen (o distribución porcentual del volumen de venta) conocido.

El resto de los clientes es más esporádico (principalmente constructoras), y no es posible asignarles una ubicación, o una distancia desde las plantas, dado que varían de acuerdo a los negocios que cierran los encargados de ventas.

Los camiones tienen una jornada determinada, con cierta cantidad de horas como máximo. En el presente trabajo se considera solamente la jornada laboral de día, la cual consta actualmente de 11 horas diarias de trabajo en un día de semana y de 5,5 horas de trabajo los días sábado. Comúnmente, los despachos comienzan a realizarse a las 7:00 am.

Se cuenta con la bastante información de los despachos realizados a los clientes durante el año 2008. Existen bases de datos con el volumen despachado de manera diaria y con el volumen

⁹ Obtenido de datos entregados por Rodrigo Díaz, Finanzas, Lafarge Áridos.

que es despachado en tolvas y bateas. Ésta información es confiable a partir del segundo trimestre del mismo año¹⁰.

2.5 Metodología

Para rediseñar el proceso de entrega de productos de una empresa de áridos, con el fin de adecuarse a la demanda de la empresa, se utilizó la siguiente metodología:

- 1) Determinación de las condiciones contractuales a considerar para la flota fija
- 2) Estudio de los costos de una empresa de transporte de áridos: en esta parte, tanto para bateas como para tolvas, se definieron todos los costos involucrados en el funcionamiento de un camión y las variables que influyen en el valor de estos costos. En base a éstos, se determina la tarifa a pagar.
- 3) Estimación de la demanda: En este punto se determinó la demanda mensual de áridos para el año 2009.
- 4) Determinación de la flota fija: En este punto se estimó la cantidad necesaria de camiones de cada tipo para el año 2009.

¹⁰ Durante la segunda parte del año 2007 y el primer trimestre del 2008 se implementó un sistema computacional para realizar los despachos. Todo el periodo mencionado es un periodo de ajustes, en que la información diaria de los despachos no es correcta dado el desconocimiento del sistema.

A continuación, se explica en detalle la metodología utilizada.

- 1) Determinación de las condiciones contractuales a considerar para la flota fija.
- 2) Estudio de los costos de una empresa de transporte de áridos.
 - a) Se definen los camiones con los que se lleva a cabo el estudio de los costos. Esto es, la marca, modelo, y capacidad.
 - b) Se determinan los ítems de costo a incluir de la empresa transportista. Existen costos directamente asociados al funcionamiento de cada camión, por ejemplo los repuestos, pero también las empresas transportistas tiene costos asociados a su funcionamiento.
 - c) Se definen los términos en que se determina la tarifa.
 - d) Se determina la tarifa a pagar para distintos escenarios. Estos escenarios consideran las variables más importantes que afectan a los costos del camión.
 - e) Se analiza la sensibilidad de la tarifa de acuerdo a las variables más importantes que la afectan.
 - f) Se evalúa el pago considerando un *mix* de camiones. Esto corresponde a considerar que el transportista cuente con camiones nuevos y no nuevos.
- 3) Estimación de la demanda.
 - a) Se estudian los datos de las ventas mensuales que ha tenido la empresa desde el año 2004 hasta el 2008.
 - b) Se estudia la relación del árido con las ventas de cemento y asfalto.
 - c) Se determina transformaciones que relacionan el cemento y el asfalto con los áridos.
 - d) Se analiza información de las ventas del cemento y del asfalto.
 - e) Se estudia la demanda proyectada del cemento por medio de dos modelos, un arima y un suavizamiento exponencial. Se escoge el que tiene un mejor ajuste.
 - f) Se realiza una estimación de la demanda mensual del año 2009 por áridos que están relacionados directamente con el cemento y el asfalto.
 - g) Se realiza una proyección de la demanda de la empresa por áridos que no están relacionados con el cemento y el asfalto de manera mensual.
- 4) Determinación de la Flota Fija
 - a) Se determinan las características de los distintos tipos de clientes. Se considera 2 tipos de clientes.
 - b) Se determinan zonas de despacho. Estas son asociadas a los clientes que no tienen una ubicación fija.
 - c) Se determinan áreas de influencia de cada planta, basado en el tiempo que tarda un camión en ir desde la planta a la zona.
 - d) Se determina la distribución del volumen despachado a cada área de influencia para el año 2008.

- e) Se analiza la información del volumen despachado diariamente durante el año 2008 para ambos tipos de clientes. Con esto se determina el comportamiento aleatorio del volumen diario despachado.
- f) Se desarrolla una simulación para determinar la cantidad de camiones fijos de cada tipo con los que debe contar la empresa. Se determina que datos son parámetros y que son variables aleatorias.
- g) Se analizan resultados de la simulación y se determina la flota fija con que debe contar la empresa.

Se determina como varía la cantidad de camiones en base a la variación de volumen.

3 Desarrollo del Trabajo de Título

En el presente capítulo se desarrollan los distintos puntos descritos en la metodología con el fin de poder cumplir con los objetivos del Trabajo de Título.

En primer lugar se definen una serie de condiciones necesarias para contar con la flota fija. Estas condiciones llevan a responsabilidades de ambas partes, Lafarge Áridos y las empresas transportistas.

En segundo lugar se lleva a cabo el estudio de los costos de las empresas transportistas, considerando dos tipos de camiones. El fin es obtener una tarifa a pagar a la flota fija.

El tercer punto corresponde a la determinación del volumen a responder para el año 2009. Esto se realiza por medio de una proyección de la demanda de la empresa para el año 2009.

Finalmente se desarrolla una simulación que considera la realidad afrontada por la empresa durante el año 2008 y las proyecciones para el año 2009. En este punto se determina la cantidad de camiones fijos que lleva a la menor tarifa promedio, considerando que el volumen que no sea capaz de despacharse con camiones fijos se realiza con camiones externos.

3.1 Consideraciones de Contrato con Transportistas

En el presente punto se indica una serie de condiciones que deben cumplir tanto Lafarge Áridos como las empresas transportistas.

Lo mas conveniente es que la empresa cuente con 3 o 4 empresas transportistas asociadas, no 25 como hoy en día, dado que causa un desorden al momento de realizar gestión. Tampoco una sola, dado que la empresa tendría mucho poder. Por otra parte, ante cualquier eventualidad en que la empresa transportista no pueda trabajar, dejaría los despachos detenidos.

Entre las opciones es posible presentar como propuesta a algunas empresas transportistas que ya estén realizando despachos para la Lafarge Áridos, buscando a las que han presentado un

mejor comportamiento hasta el día de hoy¹¹. Otra opción, es licitar el negocio y esperar que distintas empresas se presenten.

Debe existir un compromiso fuerte de ambas partes, Lafarge Áridos y las empresas transportistas que pasen a ser parte de la flota fija.

Por una parte, Lafarge Áridos se debe comprometer a:

- Asegurar el trabajo a las empresas transportistas.
 - Este trabajo asegurado debe reportar un cierto nivel de ingresos a la empresa transportista por cada camión.
 - En caso de no cumplimiento del trabajo asegurado, y que Lafarge Áridos sea responsable por esto, la empresa debería cancelar un monto representativo de los costos fijos que tiene la empresa.
 - Esto puede verse reflejado en asegurar un monto fijo mínimo mensual por camión, representativo de los costos fijos del transportista.
 - Otra opción, es que se pague un monto fijo asociado al no cumplimiento de la facturación esperada por el trabajo asegurado del mes. La facturación está asociada a un cierto nivel de trabajo, por lo cual, el no llegar a facturar lo esperado dado el trabajo “comprometido”, implica que no se ha cumplido con éste.
 - También debería considerarse un castigo al no cumplimiento del trabajo comprometido en el caso que la empresa transportista sea responsable. Como mínimo, no se le debería pagar el monto fijo asegurado, en cantidad proporcional al trabajo que falta por realizar.
 - Este punto, considerando cualquier modalidad, puede afectar la tarifa promedio por metro cúbico, elevándola en el caso que los camiones realicen menos que el trabajo pre acordado por contrato.
- El trabajo debe ser realizado en jornada completa de lunes a viernes y con media jornada los sábados.

Por otro lado, las empresas transportistas deben trabajar seriamente, esto es:

- Presentar sus camiones todos los días a la hora acordada.
- Realizar los despachos utilizando las vías previamente establecidas¹²
- Los choferes deben limitarse a realizar la entrega y retornar inmediatamente a la planta que les sea asignada.
- Realizar el despacho en el lugar que les sea indicado.

¹¹ El área de Logística y Transporte se debería encargar de proponer empresas transportistas y contactarlas.

¹² Los desplazamientos de los camiones se realizan utilizando principalmente las autopistas de Santiago y grandes avenidas, con el fin de ir por una ruta segura en que sea menor el riesgo a accidentes y por que los tiempos de desplazamiento son menores.

- Cumplir con las normas de seguridad que existen al interior de las plantas y fuera de éstas¹³.

Debido a que se debe asegurar un nivel de trabajo mensual a cada camión fijo, se debe controlar el cumplimiento a cabalidad del trabajo realizado por los camiones diariamente.

A modo de ejemplo, expresando el nivel de trabajo como despachos realizados al día, es posible que un camión en vez de realizar 7 despachos, realice 5. Esto puede ser debido a que el chofer no realizó de manera correcta su trabajo, quedándose a descansar en las obras luego de realizar la entrega del producto.

Actualmente no está controlado el trabajo diario de los choferes. Claramente, Lafarge Áridos no puede responder por los dos despachos que no se realizaron en el ejemplo, dado que es responsabilidad del chófer retornar a la planta inmediatamente apenas haya concluido la entrega. Por este motivo es importante un sistema de control *on line* o con reportes del funcionamiento del día de cada camión.

Para el control de la flota, que en definitiva corresponde a monitorear que cada camión cumpla con lo que debe realizar (y así no flaquee el modelo en que se paga un monto fijo por el trabajo comprometido por contrato en el mes y que no ha sido realizado), se torna necesario contar con un dispositivo GPS en cada camión considerado de la flota fija. En caso de contar con GPS, se puede activar alarmas cuando que el camión permanezca mucho tiempo detenido y también se puede realizar reportes¹⁴ útiles para analizar el comportamiento de cada camión.

Por otra parte, a medida que más trabajo se asegura a los transportistas, más baja es la tarifa que se puede negociar¹⁵. Por este motivo se requiere mejorar la programación diaria de la flota, con el fin de acercarse al óptimo la utilización de los camiones propios. Para esto se puede desarrollar un sistema computacional que determine la realización de los despachos por parte de la flota fija. En este punto se torna necesario el chequeo del cumplimiento de los camiones con el programa asignado.

Es necesario tener una herramienta que sea capaz de medir los tiempos perdidos, diferenciando entre lo que es responsabilidad de la empresa, del cliente y de las empresas transportistas. Conociendo los tiempos perdidos pueden hacerse esfuerzos focalizados en disminuirlos. Esto iría en claro beneficio del aseguramiento de una mayor cantidad de trabajo a las empresas transportistas.

En el caso que las empresas transportistas correspondan a empresas pequeñas, es necesario realizar capacitaciones a los empresarios con el fin de ayudarles en la administración de ésta. Se espera que éstas puedan administrar de buena manera las utilidades que les quedan por el trabajo realizado. Es importante esto, dado que ante problemas graves de éstas empresas, Lafarge Áridos puede resultar afectada.

Es necesario que los conductores de los camiones exclusivos sean capacitados constantemente en temas de seguridad relacionados con el trabajo que realizan al llevar a cabo los despachos.

¹³ Por ejemplo, la utilización de los implementos de seguridad, respetar la velocidad máxima permitida.

¹⁴ Estos deben ser confeccionado por la empresa a la cual se contrate GPS.

¹⁵ Debido a que los costos fijos se distribuyen en una mayor carga de trabajo, obteniéndose una unidad de costo por el trabajo del camión más menos costosa para la empresa.

Debe estar considerado un sistema que premie a los mejores transportistas o choferes y un castigo para los de peor rendimiento, este incentivo debiese ser monetario, por ejemplo, un aumento en la tarifa a la empresa mejor evaluada durante el mes siguiente, y una disminución de la tarifa en el caso contrario.

Se debe considerar una política de reemplazo de camiones. En el caso que un camión quede en fuera de servicio, debería considerarse un tiempo permitido de ausencia, por ejemplo, un día. Luego de esto, el camión debe ser reemplazado por otro de condiciones de acuerdo al estándar de camiones de la flota fija, con la aprobación del jefe del área de logística y transporte.

Por último, deben considerarse condiciones de salida de las empresas transportistas.

Esto es, no se debe permitir que una empresa transportista se retire de un día para otro del trabajo, debido a que podría causar fuertes problemas en la entrega de productos. Por este motivo debe considerarse un fuerte castigo económico en el caso que la empresa transportista no presente sus camiones, o una parte de estos a trabajar. La salida de una empresa transportista, en el caso que decida retirarse, no debería tardar menos de seis meses luego de la solicitud de salida, con el fin de dar tiempo a Lafarge Áridos para conseguir otra empresa transportista y cubrir las vacantes.

En el caso de que Lafarge Áridos decida no contar más con los servicios de una empresa transportista, debería avisar con un par de meses de anticipación, para que la empresa y Lafarge Áridos se preparen para su salida.

3.2 Costos de las Empresas Transportistas

Se analiza el costo de funcionamiento de un camión, tanto para tolvas y bateas.

El costo de cada camión es analizado considerando el funcionamiento de éste en una empresa que cuenta con 10 camiones. De este modo, existen costos asociados solamente con el funcionamiento del camión y existen costos relacionados con la empresa en general. Para los costos relacionados con la empresa en general, se considera que cada uno de los 10 camiones debe responder por un 10% de ese costo.

3.2.1 Camiones Considerados

Los camiones considerados en la determinación de los costos son marca Freightliner, modelos:

- M2-112 6X4 350HP (tracto camión y batea de 20 metros cúbicos)
- M2-106 6X4 280HP (tolva de 13 metros cúbicos).

Estos camiones corresponden a vehículos para faena. Sus características, tales como la potencia y el peso, son idóneas para el rubro.

El hecho de considerar estos camiones para la evaluación no cierra la posibilidad a que se cuente con otros camiones tal como los Mack Granite, Scania o Volvo, pero de todos modos la tarifa a pagar sería uniforme para todos los camiones, independiente de la marca.

3.2.2 Costos de la Empresa Transportista

En la recolección de la información necesaria para la determinación de los costos del funcionamiento del camión (y finalmente de la empresa transportista) se realizaron entrevistas con expertos en el tema¹⁶ y con empresas transportistas¹⁷. Para estos últimos se desarrolló un formulario¹⁸ de preguntas.

Con la información recopilada se establece que los costos relacionados a un camión corresponden a:

- Precio del camión y la batea (en el caso que corresponda). El financiamiento se efectúa vía leasing¹⁹. El valor del camión más la batea es de US\$ 130000. El valor de la tolva es de US\$ 92000. Este ítem se ve reflejado en el valor de la cuota mensual por causa del Leasing que paga el transportista.
- Mantenimiento del camión. Cada 350 horas, se considera el valor de los repuestos, insumos necesarios y de la mano de obra. Al momento de evaluar a la empresa transportista, se considerará que la mano de obra por la mantención está incluida en el sueldo de los mecánicos.

¹⁶ Marcos González, mecánico experto en camiones y maquinaria pesada. Ricardo Navarro, Jefe de Logística y Distribución Lafarge Áridos.

¹⁷ Empresa Tierra Nueva; Empresa Transportes Carrasco.

¹⁸ Ver Anexos.

¹⁹ Debido a que es la manera más fácil de obtener financiamiento, no exige pie y además se utiliza el valor de toda la cuota para descontar impuestos

Tabla 1, Ítems Mantención

Ítems Mantención	batea	tolva
Aceite Motor(\$PESOS)	\$ 78.716	\$ 53.670
Aceite Caja de Cambios(\$PESOS)	\$ 70.656	\$ 70.656
Aceite Diferencial(\$PESOS)	\$ 42.870	\$ 42.870
Aceite de Dirección(\$PESOS)	\$ 7.860	\$ 7.860
Filtro Aceite Motor(\$PESOS)	\$ 20.538	\$ 14.319
Filtro Separador(\$PESOS)	\$ 11.349	\$ 11.349
Filtro de Combustible(\$PESOS)	\$ 14.777	\$ 13.989
Filtro de Diferencial(\$PESOS)	\$ 2.630	\$ 2.630
Filtro de dirección(\$PESOS)	\$ 15.795	\$ 15.795
Filtro de Aire(\$PESOS)	\$ 51.467	\$ 51.467
Desengrasante(\$PESOS)	\$ 898	\$ 898
Grasa(\$PESOS)	\$ 2.694	\$ 2.694
Empaquetadura tapa de válvulas(\$PESOS)	\$ 186.078	\$ 25.538

Fuente: Precios de la empresa Kauffman.

- **Petróleo.** Variable, con un precio muy volátil. Las empresas de transporte de carga pueden descontar un porcentaje del impuesto específico del petróleo. Hoy en día un 80% de éste, con lo cual se obtiene a un descuento de de \$54 por litro.
- **Neumáticos.** Éstos se cambian cada 60.000 kilómetros recorridos. No se considera el recauchaje de éstos. El valor de cada neumático es de \$205.000²⁰. Una batea utiliza 18 neumáticos. Una tolva utiliza 10 neumáticos.
- **Sueldo del Chófer.** Existe una componente fija y una variable. Se considera un sueldo de \$400.000 fijo más el 1% de la facturación (parte variable).
- **Reparación.** Se considera un costo por reparaciones extraordinarias. Este es el cambio del motor a las 13000 horas de funcionamiento del camión, lo cual corresponde a la reparación más importante que puede tener el camión. Su costo es de \$4,5 MM.

Con respecto al funcionamiento de la empresa, se considera que una empresa con 10 camiones debe contar con:

- 2 Mecánicos, con un sueldo de \$400.000 cada uno.
- 1 ayudante de mecánico, sueldo de \$200.000.
- 1 administrativo, sueldo de \$300.000.
- 11 choferes.
- Por provisiones, vacaciones, colaciones y otros gastos, se tiene un 20% extra de gastos para la empresa por sobre el sueldo de cada trabajador²¹.

²⁰ Agosto del año 2008

²¹ Fuente: Juan Carlos Rivera, Controlar y RRHH Lafarge Áridos.

3.2.3 Consideraciones para Determinar la Tarifa

En este punto se explica una serie de consideraciones para la determinación de la tarifa por pagar a los camiones fijos.

La realización de una entrega implica los siguientes pasos: carga del producto en la planta; traslado desde la planta hasta el lugar indicado; descarga del producto en destino. Luego, para poder realizar otro despacho, el camión debe retornar a la planta²². A esto se le llama una vuelta.

La utilización del camión puede ser expresada en kilómetros horas o vueltas mensuales. Se utiliza esta ultima opción debido a que es mas explicativa.

Cada vuelta tiene un kilometraje y un tiempo asociados, relacionado con la carga, descarga y traslado (de ida y retorno).

Ilustración 4, Vuelta



Fuente: Elaboración propia²³

Para la determinación de la tarifa, se considera que el camión en cuestión siempre realiza los despachos en una vuelta con las mismas características. Ésta, llamada vuelta característica, es de 50 kilómetros (25 kms de ida y 25 kms de retorno), tardando 1,5 horas en completarse.

Actualmente se paga cada despacho considerando la ida, esto es, se paga \$65 pesos a las bateas por m³ y km recorrido en la ida²⁴. En el presente trabajo, se considera una tarifa por m³ km recorrido total en la vuelta. Esto llevándolo a números, para pagar lo mismo que en la actualidad, se debiese pagar \$32,5 el m³ km recorrido en la ida desde la planta a la obra y el mismo monto en el retorno. Con esto, al pagarse por ir y por volver, se espera que el chofer sienta la misma motivación por ir a entregar que por volver a la planta para realizar otro despacho.

La jornada mensual es de 26 días de trabajo al mes. En que se consideran 4 sábados, con esto se tiene 22 días en que se trabaja en jornada completa y 4 días en que se trabaja media jornada, para cada mes.

²² Puede retornar a la misma planta o a otra.

²³ En adelante, si en las tablas, gráficos, imágenes o figuras no se indica la fuente, es debido a que es de elaboración propia.

²⁴ Desde la planta de origen hasta llegar a lugar de despacho

La determinación de la tarifa se realiza considerando un flujo de caja anual a 7 años plazo. Los ítems considerados en el flujo corresponden a:

- Ingresos por ventas
- Sueldo del chofer
- Permiso circulación y revisión técnica
- Sueldo administración y mecánicos
- Petróleo, neto y específico no recuperado
- Mantenimiento camión y batea.
- Neumáticos
- Reparaciones
- Cuota del Leasing con el que se adquiere el camión.

Para el cálculo de la tarifa se realiza en una planilla²⁵ en Excel, en que se consideran los ítems mencionados en un flujo de caja.

Los costos variables corresponden a: petróleo, mantenciones, neumáticos, reparaciones y la parte variable del sueldo del chofer. El costo anual depende de la cantidad de vueltas dadas en el año.

Los costos fijos son: la parte fija del sueldo del chofer, administración, cuota del leasing, permiso de circulación y revisión técnica. Este costo se distribuye en las vueltas realizadas.

Todos los valores se ingresan en pesos, pero se transforman a UF del año 2008.

Se determina el capital de trabajo considerando los flujos mensuales.

Finalmente se calcula el valor actual neto de los ingresos y de los flujos de caja, utilizando una tasa de un 8%²⁶.

Se considera que la tarifa a pagar debe permitir a la empresa transportista obtener un 12% de rentabilidad operacional²⁷ en el largo plazo. Esta opción permite que la tarifa a pagar al transportista sea fija, evitando problemas asociados a que transportistas se sientan desfavorecidos si el pago fuese variable.

La idea de realizar el análisis por “vueltas”²⁸ se debe a que es necesario determinar un valor a pagar el cual vaya de acuerdo con los valores que la empresa pretende pagar, o que por lo menos no sean mucho mayores, y que además permita a la empresa transportista desarrollarse obteniendo ganancias que les permita sustentarse y renovarse.

²⁵ La planilla se encuentra explicada en los anexos.

²⁶ Tasa con que se evalúan los proyectos de Lafarge. Fuente Antonio Lira, Subgerente de Finanzas Lafarge Áridos

²⁷ $[VAN(\text{Ingresos}) - VAN(\text{Costos})]/VAN(\text{Costos})$, considerando una evaluación a 7 años.

²⁸ Asegurar una cierta cantidad de “vueltas características” es similar a asegurar una cierta cantidad de horas de trabajo, dado que cada vuelta característica tiene asignado un tiempo de 1,5 hrs.

Para esto se pretende asegurar una cantidad dada de vueltas que realice cada camión. De este modo la empresa transportista asegura un cierto nivel de ingreso y Lafarge Áridos obtiene un valor a pagar razonable.

La cantidad de vueltas mensuales de cada camión está sujeta a la jornada laboral del camión, al volumen de áridos que deben ser entregados mensualmente, a la cantidad total de camiones con que cuente la empresa y a los tiempos de carga, descarga y traslado de cada vuelta.

3.2.4 Análisis de la Tarifa a Pagar

La tarifa a pagar a los transportistas depende de ciertas variables. En este punto se muestra tres escenarios posibles para el año 2009.

Cada escenarios muestra un valor diferente de la tarifa, influenciada por el valor de las variables mas importantes.

Las variables consideradas para los distintos escenarios corresponden a:

- Cantidad de vueltas en un mes que puede realizar un camión: ésta corresponde a la cantidad de trabajo²⁹ que puede ofrecer la empresa a cada camión, y que el camión puede realizar dentro de la jornada laboral.
- Tasa del leasing: ésta variable corresponde a la tasa que cobra la entidad financiera que otorga el leasing al transportista que adquiere el camión.
- Valor dólar al comprar el camión: Está variable incide en el monto inicial en UF en que se endeuda el transportista para adquirir el equipo.
- Valor del litro de petróleo: es la variable más volátil dentro de los costos del transportista. La mayor parte del costo variable del camión se debe al ítem de petróleo.

3.2.4.1 Escenarios

Se consideran tres escenarios posibles para el año 2009.

Para estos escenarios, se determina la tarifa a pagar considerando una rentabilidad operacional del 12% y la tarifa de modo que la empresa transportista no obtiene rentabilidad.

En todos los escenarios, se considera un pago del leasing del camión a 72 meses plazo.

²⁹ Medida en vueltas.

Tabla 2, Escenarios Batea

Batea	Esperado	Pesimista	Optimista
Vueltas en un mes	166	122	188
Tasa Leasing	14%	15%	12%
Valor Dólar al comprar camión	\$ 600	\$ 650	\$ 550
Valor del litro de petróleo	\$ 550	\$ 650	\$ 450
Tarifa con rentabilidad de 12%	\$ 32,0	\$ 41,3	\$ 26,8
Tarifa con rentabilidad de 0%	\$ 28,1	\$ 36,3	\$ 23,6

Tabla 3, Escenario Tolva

Tolva	Esperado	Pesimista	Optimista
Vueltas en un mes	166	122	188
Tasa Leasing	14%	15%	12%
Valor Dólar al comprar camión	\$ 600	\$ 650	\$ 450
Valor del litro de petróleo	\$ 550	\$ 650	\$ 450
Tarifa con rentabilidad de 12%	\$ 36,7	\$ 47,9	\$ 29,3
Tarifa con rentabilidad de 0%	\$ 32,2	\$ 42,1	\$ 25,7

3.2.5 Análisis de Sensibilidad

Se realiza un análisis de sensibilidad de las principales variables que afectan el valor de la tarifa a pagar a los transportistas.

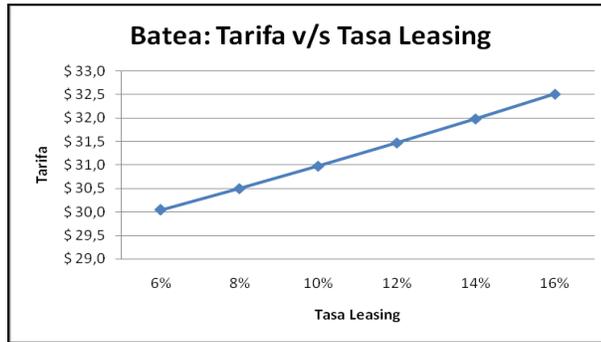
Se considera como base para este análisis el escenario esperado. Obteniendo la variación de la tarifa según las variables de mayor trascendencia, tanto para bateas como para tolvas.

Las variables en análisis corresponden a: el valor del camión; la tasa del leasing; la cantidad el valor del litro de petróleo; el tipo de cambio al momento de comprar el camión; la cantidad de vueltas al mes.

3.2.5.1 Análisis de Sensibilidad Bateas

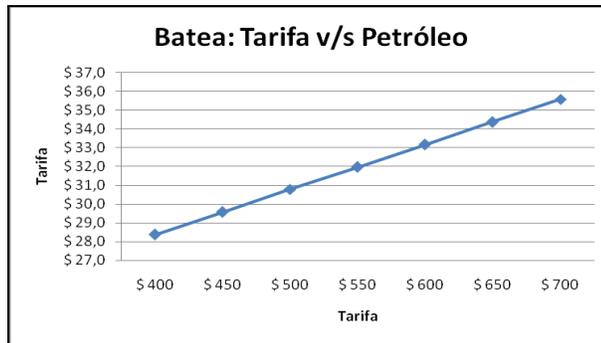
Se realiza el análisis de sensibilidad de la tarifa a pagar a las bateas fijas, considerando las variables mencionadas previamente.

Gráfico 1, Batea: Tarifa v/s Tasa



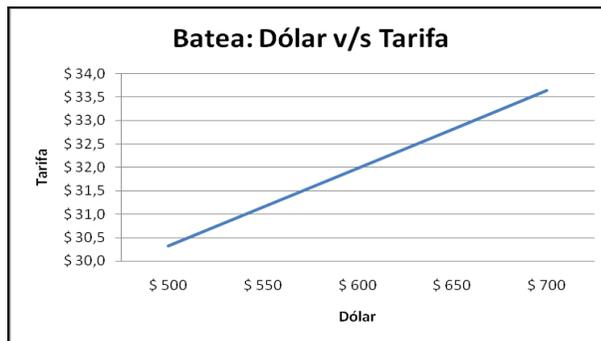
Por cada 2 puntos porcentuales menos en la tasa, se obtiene una tarifa \$0,5 menor, esto es un incentivo a que la empresa busque negociar con alguna entidad financiera de modo colectivo, así la tasa del leasing sería menor y por supuesto que debe verse reflejado ese ahorro en la tarifa a pagar.

Gráfico 2, Batea: Tarifa V/S Petróleo



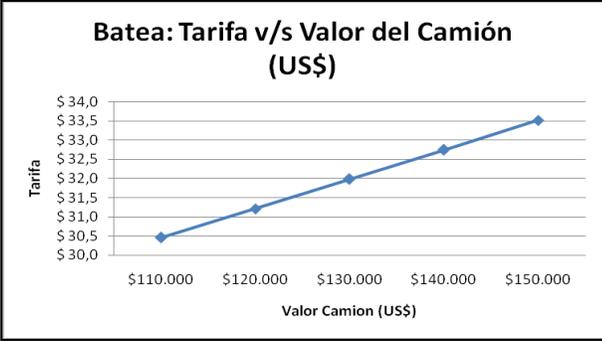
La tarifa varía en \$1,2 por cada 50 pesos que varía el precio del petróleo. Dado que el costo del petróleo corresponde a cerca del 40% del costo del viaje, la tarifa debe estar sujeta a la volatilidad del petróleo de manera al menos mensual.

Gráfico 3, Batea: Tarifa V/S Tipo de Cambio



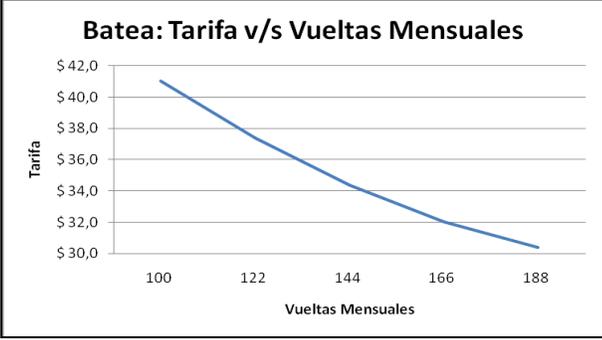
Cada 50 pesos que aumente el dólar, la tarifa sube en \$ 0,8, esto debido a que el precio del camión está sujeto al dólar, por lo cual, la cuota de leasing que paga el transportista termina siendo mas alta.

Gráfico 4, Batea: Tarifa V/S Costo del Camión



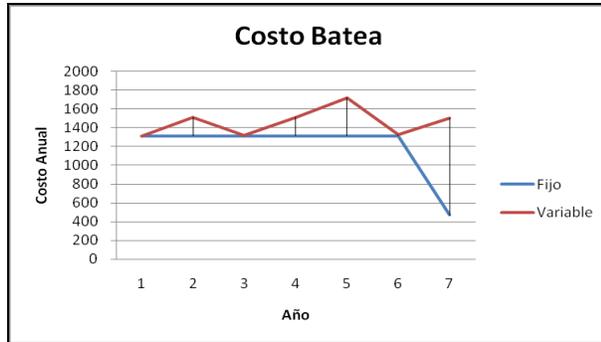
Un ahorro de 10.000 US\$ implica que la tarifa cae en 0,8 pesos. Es posible conseguir descuentos en una negociación con todos los transportistas y con una empresa oferente, de modo que por volumen le convenga rebajar el precio.

Gráfico 5, Batea: Tarifa V/S Vueltas en el Mes



La cantidad de vueltas influye fuertemente en la tarifa, ésta disminuye dado que el costo fijo se distribuye en cada vuelta, pero un mayor uso implica una mayor cantidad de mantenciones y reparaciones, por lo cual no decrece linealmente. De 100 a 122 vueltas, implica una disminución de la tarifa en 3.6 pesos. De 122 a 144 en \$3.0, de 144 a 166 \$2.4. De 166 a 188 de 1,6.

Gráfico 6, Batea: Análisis Costo Anual Empresa Transportista

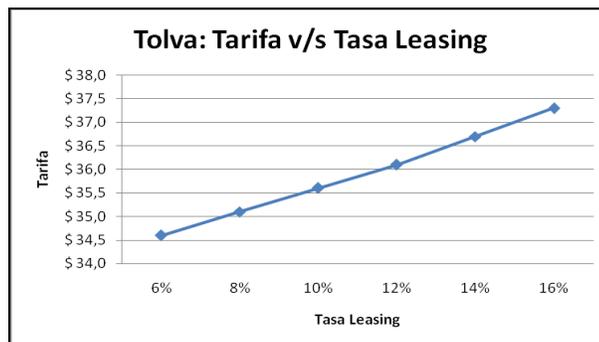


El costo fijo por camión durante los primeros 6 años (pago a 72 meses, escenario esperado) en promedio es de 1314 UF, para el año restante, es de 472 UF, en promedio 1194 UF. Para que la empresa transportista cubra sus costos fijos, requiere de 99 UF mensuales en promedio para cada batea.

3.2.5.2 Análisis de Sensibilidad Tolvas

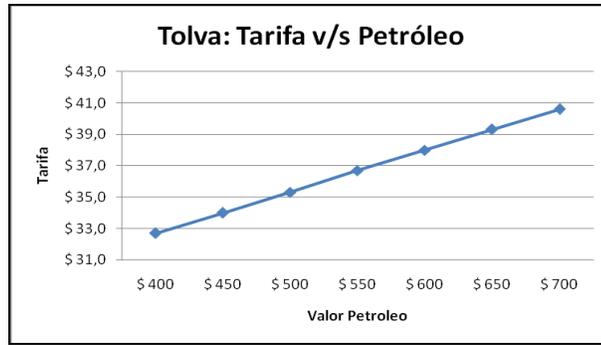
Se realiza el análisis de sensibilidad de la tarifa a pagar a las tolvas fijas, considerando las variables mencionadas previamente.

Gráfico 7, Tolvas: Tarifa v/s Tasa



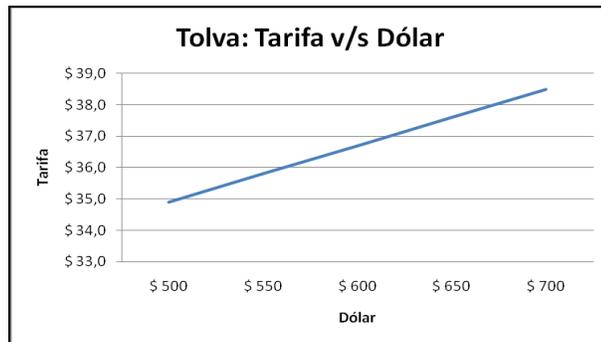
Entre tasas del 6% y el 12%, por cada 2 puntos porcentuales que aumenta la tasa, la tarifa sube en 0,5 pesos. Por sobre la tasa del 12%, por cada 2 puntos porcentuales, la tarifa aumenta en 0,6 pesos.

Gráfico 8, Tolva: Tarifa v/s Petróleo



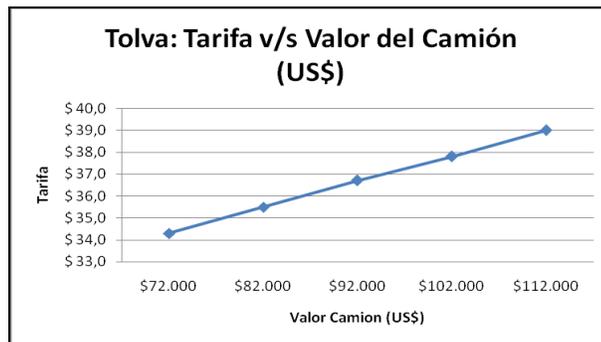
Un aumento de 50 pesos en el valor del litro del petróleo implica un aumento de 1,3 pesos en la tarifa a pagar a las tolvas.

Gráfico 9, Tolva: Tarifa v/s Tipo de Cambio



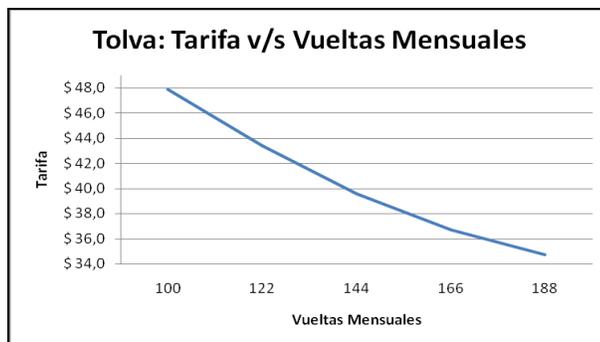
Por cada 50 pesos que aumenta el dólar al momento de la compra del camión, la tarifa aumenta en 0,9 pesos.

Gráfico 10, Tolva: Tarifa v/s Valor Camión



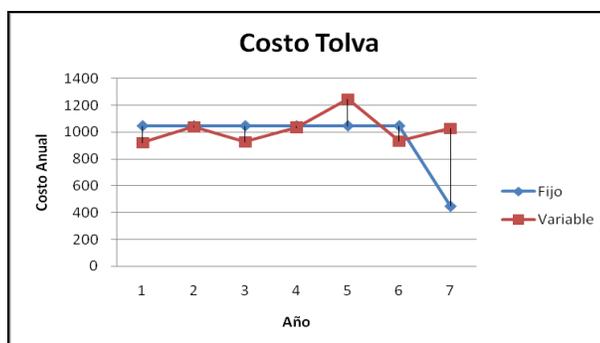
Por cada US\$ 10.000 que varía el valor de camión, la tarifa varía en 1,2 pesos.

Gráfico 11, Tolva: Tarifa v/s Vueltas Mensuales



Con 100 vueltas mensuales, la tarifa es 47,9 pesos. La variación de ésta con respecto a las vueltas mensuales es la siguiente: de 100 a 122 vueltas, la tarifa cae en 4,5 pesos; de 122 a 144 vueltas, la tarifa cae en 3,8 pesos; de 144 a 166 vueltas, la tarifa cae en 2,9 pesos; de 166 a 188, la tarifa cae en 2 pesos, quedando en \$34,7.

Gráfico 12, Análisis Costo Anual Tolvas Empresa Transportista



El costo fijo anual durante los primeros 6 años es de 1045 UF, el séptimo año baja a 450 UF. En promedio anualmente la empresa requiere 960 UF anuales por cada camión para cubrir sus costos fijos. Mensualmente, por tolva, se requieren 80 UF para cubrir estos costos.

3.2.6 Caso Flota Propia

Se determina el costo de contar con camiones propios para la realización de los despachos, con el fin de tener una comparación con la situación en que éstos son de externos.

Se considera solamente los camiones tipo batea.

El manejo de los camiones propios es un tanto diferente a los camiones de externos.

Se debe contar con personal administrativo acorde a las necesidades de la empresa³⁰.

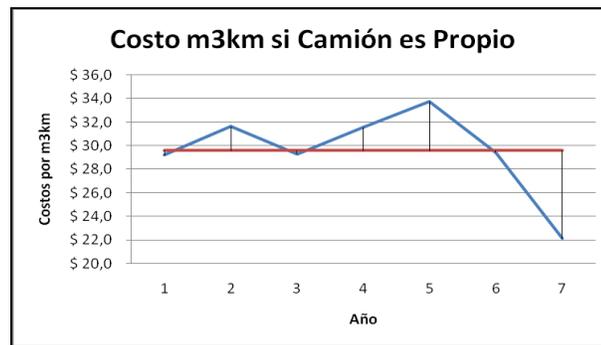
³⁰ Un Ingeniero a cargo, un encargado de seguridad, un administrativo.

En el caso que los camiones son propios, se debe considerar que la mantención se realiza de manera externa, esto es un 100% mas caro que en el caso de contar con mecánicos.

El leasing sería más barato, pagando a 72 meses con una tasa de un 10% anual.

Considerando los puntos anteriores, el costo para la empresa por metro cúbico recorrido es en promedio \$29,6 para bateas.

Gráfico 13, Costo M³ KM Para cada Año, Flota Propia



Este valor sugiere que económicamente es conveniente contar con flota propia.

El manejo de la flota no está dentro de las habilidades centrales de la empresa, por lo cual, en el caso de contar con camiones propios, debiese ser tan solo una parte de la flota total, con el fin de tener un marco de referencia al momento de negociar con los transportistas.

3.2.7 Mix de Camiones del Transportista

En este punto se determina la relación entre la cantidad de camiones nuevos y camiones viejos³¹ con los que debe contar una empresa transportista que trabaje de manera exclusiva para Lafarge Áridos, de modo que sus flujos operacionales anuales sean positivos considerando un pago de \$32,5 por m³km recorrido.

La cantidad de cuotas con que toma el leasing el transportista no afecta fuertemente la tarifa. Pero ésta sí influye en el resultado del año de la empresa transportista, obteniendo resultados negativos los primeros años de funcionamiento del camión (mientras se está pagando).

En el caso de un camión tipo batea pagado a 36 meses los flujos operacionales de los primeros 3 años son negativos. Estos se muestran en la siguiente tabla.

³¹ Un camión nuevo se considerará a aquel que está siendo pagado p. Un camión viejo, por el contrario, no está siendo pagado (ya ha terminado de pagarse).

Tabla 4, Flujos Operacionales Batea con Leasing a 3 Años

Año	1	2	3	4	5	6	7
Flujo Operacional (UF)	-401	-606	-406	1026	965	1363	1183

Para solucionar este problema, es posible considerar que las empresas transportistas puedan trabajar tanto con camiones que estén pagando la cuota como con camiones ya pagados.

Se determina la cantidad de camiones viejos por cada camión nuevo con que debe contar la empresa transportista. La empresa transportista debe obtener una rentabilidad operacional de largo plazo del 12% en el escenario esperado con la salvedad que la tarifa a pagar corresponde a \$32,5 m³km recorrido.

Para lo anterior se considera:

- Leasing tomado a 36 meses.
- Camiones nuevos (aquellos que se están pagando, o sea, dentro de los 3 primeros años).
- Camiones viejos (aquellos que están pagados, desde el año 5 al 7 inclusive). No se consideran camiones con más de 7 años debido a la seguridad y confiabilidad que debe brindar cada camión.

De este modo, se considera los costos operacionales de un camión nuevo y de un camión viejo. Estos costos se diferencian en que el camión viejo no paga el leasing.

La tabla expresa los costos en UF, de manera anual, considerando el escenario esperado para cada camión.

Tabla 5, Flujo Operacional Escenario Esperado Bateas Pagadas y no Pagadas.

Flujo Operacional Bateas	Nuevo			Viejo		
	1	2	3	1	2	3
Ingresos por ventas	3083	3083	3083	3083	3083	3083
Sueldo Chofer	-274	-274	-274	-274	-274	-274
Permiso circulación	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Revisión Técnica	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Sueldo Administración	-117	-117	-117	-117	-117	-117
Sueldo Variable Chofer	-31	-31	-31	-31	-31	-31
Petróleo neto	-1001	-1001	-1001	-1001	-1001	-1001
Específico Petróleo	-26	-26	-26	-26	-26	-26
Mantenimiento Camión	-62	-87	-65	-81	-71	-80
Mantenimiento Batea	-17	-20	-18	-18	-20	-17
Neumáticos	-176	-351	-176	-351	-176	-351
Reparación	0	0	0	-214	0	0
Gastos financieros (Cuota Leasing)	-1523	-1523	-1523	0	0	0
Depreciación legal	-619	-619	-619	-619	-619	-619
Pérdidas ejercicios anteriores		-1020	-2245		0	0
<i>Utilidad Antes de Impuestos</i>	<i>-1020</i>	<i>-2245</i>	<i>-3270</i>	<i>346</i>	<i>744</i>	<i>564</i>
Impuesto a la Renta	0	0	0	-59	-126	-96
<i>Utilidad Después de Impuestos</i>	<i>-1020</i>	<i>-2245</i>	<i>-3270</i>	<i>287</i>	<i>617</i>	<i>468</i>
Depreciación legal	619	619	619	619	619	619
Pérdidas ejercicios anteriores	0	1020	2245	0	0	0
<i>Flujo de Caja Operacional</i>	<i>-401</i>	<i>-606</i>	<i>-406</i>	<i>906</i>	<i>1237</i>	<i>1087</i>

El *mix* de camiones debe cumplir con que el resultado de cada año sea positivo y que, al considerar el largo plazo, la rentabilidad sobre los ingresos corresponda al 12%. Con esto se obtiene una relación que corresponde a la cantidad de camiones viejos por cada camión nuevo.

Para realizar esto se considera un flujo de caja a 3 años en que cada ítem del costo para cada año corresponde a la suma del costo (o ingreso) por camiones nuevos más la suma de costos (o ingresos) por camiones viejos.

Tabla 6, Rentabilidad Mix Bateas

# Camión Nuevo	# Camión Viejo	Rentabilidad	Flujo Caja Mínimo Anual (UF)
1	0	-7%	-352
1	0,74	12%	567
1	1,00	15%	818

A la luz de los resultados mostrados en la tabla anterior. Por cada batea nueva debe haber 0,74 bateas viejas para obtener las condiciones deseadas.

Se realiza el mismo análisis para las tolvas, considerando una tarifa de pago de 36 pesos.

Tabla 7, Rentabilidad Mix Tolvas

# Camión Nuevo	# Camión Viejo	Rentabilidad	Flujo Caja Mínimo Anual (UF)
1	0	-5%	-197
1	0,82	12%	383
1	1,00	15%	553

Por cada un camión nuevo, se hace necesario 0,82 camiones viejos para obtener la rentabilidad deseada y todos los flujos positivos con la tarifa impuesta.

3.3 Proyección de Demanda

En este punto se realiza una estimación de las ventas mensuales de áridos para la empresa durante el año 2009.

Actualmente la empresa se encuentra en un plan de expansión. Ésta pretende triplicar sus ventas a nivel nacional en los próximos años.

Para los áridos arena, grava y gravilla, se procede cruzando la información de las ventas de cemento.

Para el resto de los productos se considera el promedio de ventas de un periodo dado.

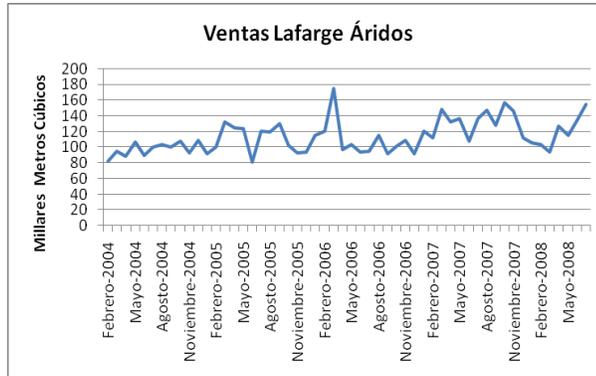
3.3.1 Datos Históricos de las Ventas de la Empresa

En este punto se analiza las ventas que ha tenido la empresa a lo largo de su historia, con el fin de determinar la manera de proyectar las ventas para el año 2009.

Se cuenta con datos de las ventas mensuales que ha tenido la empresa desde Febrero del año 2004.

A continuación se muestra gráficamente las ventas agregadas de áridos realizadas por la empresa a partir de Febrero del año 2004.

Gráfico 14, Ventas de Lafarge Áridos



La serie presenta un comportamiento aleatorio con *peaks* fuertes.

Con fines explicativos, se define como “productos A”: arena, grava y gravilla. Como productos B, se considera el resto de los productos, estos corresponden a: integral, estabilizado, bolón, maicillo, puzolana, pomacita, balasto y otro.

Para entender mejor el comportamiento de la demanda de la empresa, se desagrega en sus productos, lo cual se muestra en dos gráficos, uno para los productos A y otro para lo productos B.

Gráfico 15, Ventas de Lafarge Áridos de Productos A

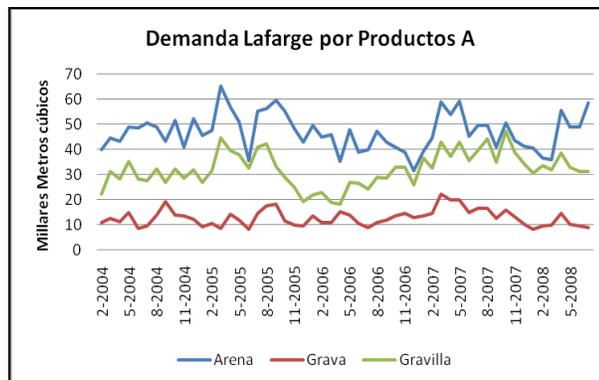
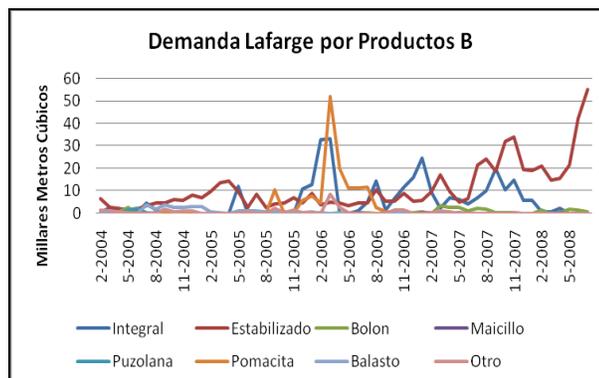


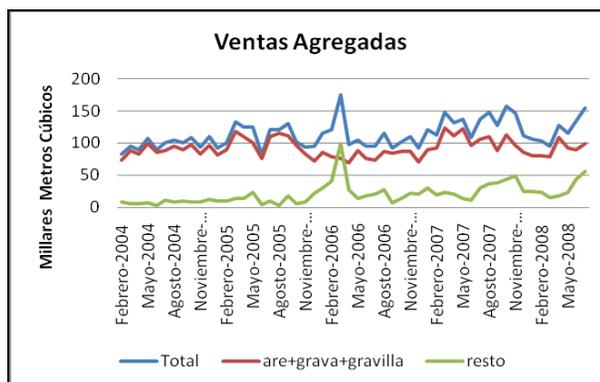
Gráfico 16, Ventas de Lafarge Áridos de Productos B



Es posible apreciar en los gráficos que las ventas mensuales de los “productos B” son bastante irregulares, presentando datos que son nulos y otros que se arrancan claramente del rango. Por otro lado, las ventas de los “productos A” son más regulares.

El gráfico siguiente muestra las ventas agregadas en que se visualiza el comportamiento de los productos.

Gráfico 17, Ventas Agregadas por Tipo de Productos



De los datos anteriores, se puede inferir que lo más conveniente es realizar dos proyecciones de demanda, una para los productos A y otra para los productos B.

Esto debido a que las ventas de los productos A son bastante más regulares que las ventas de los productos B.

Por otra parte, la venta de los productos A está relacionada directamente con la construcción, siendo un insumo importante para el hormigón, los prefabricados y los morteros. Estos productos tienen como insumo también al cemento, por lo cual se puede relacionar la demanda del cemento con la de los productos A. Se cuenta con bastante información de las ventas de cemento.

Con respecto a los productos B, no se cuenta con información respecto a su mercado, ni tampoco hay un producto relacionado como en el caso de los productos A.

La estrategia a seguir para realizar la proyección de demanda de los productos A y B es distinta, dado que se cuenta con distinta información.

3.3.2 Áridos y el Cemento

El cemento y los áridos se relacionan debido a que los productos que se utilizan en la construcción requieren de ambos para ser producidos.

En este punto se determina la relación existente entre el cemento y los áridos.

Existen datos de las ventas de la industria del cemento de larga data³². En particular para la región Metropolitana se tiene información desde enero del año 1996 hasta julio del año 2008, con una interrupción en el año 1999.

Además se cuenta con la información de las ventas del cemento por canales de distribución³³ desde enero del año 2005.

En la tabla se muestran: los canales de distribución, la participación del canal en las ventas de cemento y su utilización final. Estos datos están para la región Metropolitana.

Tabla 8, Participación de los Canales de Distribución del Cemento en la Región Metropolitana

Canal	Participación	Aplicación
Constructoras	16,52%	Hormigón ³⁴
Retail	9,79%	Hormigón
Hormigoneras	55,78%	Hormigón
Prefabricadores	17,91%	Hormigón y Morteros ³⁵

Existe un canal “Otros” que no presenta ventas significativas (menores al 1 % en general y 0% a partir de Marzo del año 2007), por lo cual no se incluye en la tabla.

Con respecto a prefabricados, la distribución de las ventas para hormigón y mortero, se asume como un 1/3 y 2/3 respectivamente³⁶.

Finalmente, la distribución de las ventas del cemento queda como se muestra a continuación.

Tabla 9, Participación del Cemento en la Región Metropolitana Según Uso

Destino	Participación
Hormigón	88%
Mortero	12%

³² Fuente: www.ich.cl, instituto chileno del hormigón.

³³ Fuente: Carlos Celedon, el Área comercial de Cementos de Lafarge.

³⁴ Hormigón incluye al hormigón premezclado.

³⁵ Tesis Análisis Industria del Árido en la Región Metropolitana

³⁶ extraído de Análisis Industrial de los Áridos en la Región Metropolitana, Francisco Aravena, 2000.

Tanto el hormigón como el mortero son preparados con cemento y áridos. El mortero utiliza solamente arena. El hormigón utiliza arena, grava y gravilla. La dosis utilizada en cada caso se muestra en la siguiente tabla (m³ de áridos por cada m³ de Producto).

Tabla 10, Dosis en M³ de Áridos por M³ de Producto

Producto	Áridos
Hormigón	1.3
Mortero	1.11

La preparación de Hormigón requiere en promedio 300 kilogramos de cemento, mientras que el mortero requiere en promedio 320 kilogramos. El hormigón utiliza arena, grava y gravilla, mientras el mortero utiliza solamente arena.

3.3.3 Áridos y el Asfalto

El asfalto utiliza arena y gravilla para ser producido, por lo cual también incide en la demanda de áridos.

No existen datos públicos de las ventas de asfalto en la región Metropolitana ni en el país.

Para estimar la demanda de áridos por asfalto, se considera la demanda a nivel nacional de este producto para los años 2002 y 2003³⁷ y las ventas de cemento para el mismo periodo.

También se debe considerar que la relación de la dosis de áridos para asfalto es 1 a 1, esto es, por cada metro cúbico de asfalto se requiere 1 metro cúbico de áridos³⁸.

De este modo, considerando los datos de venta de cemento y asfalto a nivel nacional, se llega a que las ventas de áridos para asfalto corresponden a un 3% del mercado en esos años³⁹.

Se utiliza el mismo 3% para estimar el mercado total de arena, grava y gravilla en la región metropolitana para el año 2009.

Con lo explicado anteriormente, se puede estimar el mercado de los tres principales productos que vende la empresa, no así para el resto de ellos.

3.3.4 Análisis de las Ventas de Cemento

³⁷ Estudio de factibilidad técnica y estimación de la demanda de pavimentos de asfalto modificado con caucho de neumáticos desechados /Pablo Antonio Badilla Montes

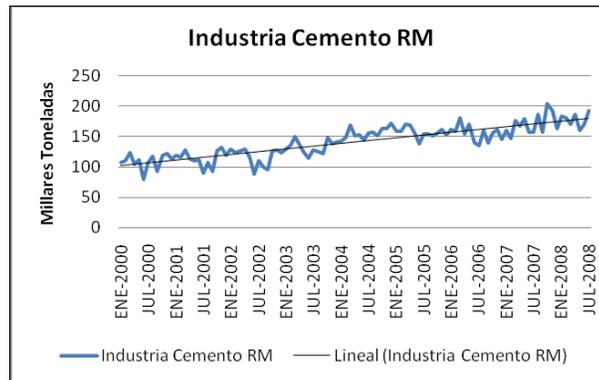
³⁸ Vías de comunicación, Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos, Carlos Crespo Villalaz , Página 315, 3ª Edición.

³⁹ Cálculo completo en anexos.

En éste punto se analiza la serie de las ventas mensuales de cemento en la región Metropolitana con el fin de determinar que tipo de predicción de demanda utilizar.

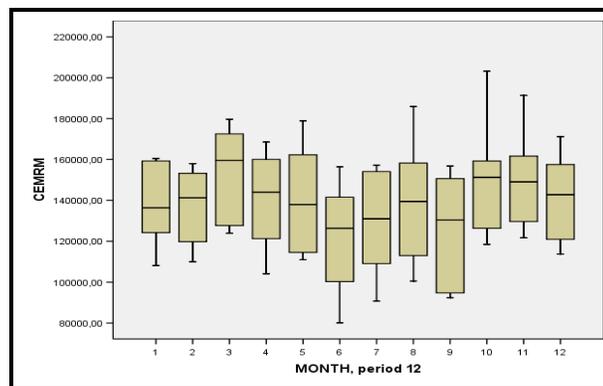
Con respecto al cemento, se cuenta con bastante información. A continuación se muestra la serie de datos en toneladas de los despachos de cemento efectuados en la Región Metropolitana.

Gráfico 18, Despachos Mensuales de Cemento



Existe una tendencia al alza en el largo plazo de las ventas de cemento, por este motivo es posible descartar que la serie sea estacionaria. Se notan ciertas alzas y bajas en la industria, presumiblemente debidas a estacionalidad, por lo cual se muestra un diagrama de caja para corroborar lo anterior:

Gráfico 19, Diagrama de Caja de los Despachos de Cemento



Se aprecian caídas en los despachos de cemento durante los meses de invierno. Esto es debido generalmente a las lluvias, dado que la actividad de la construcción disminuye con el clima lluvioso.

Para seguir estudiando la serie de despachos de cemento, se estudian los gráficos de auto correlación y correlación parcial.

Gráfico 20, Auto correlación del Cemento

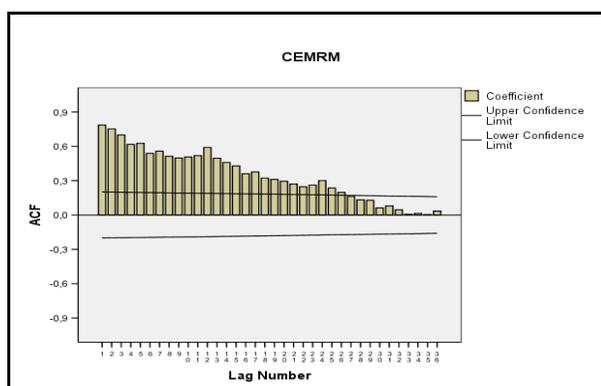
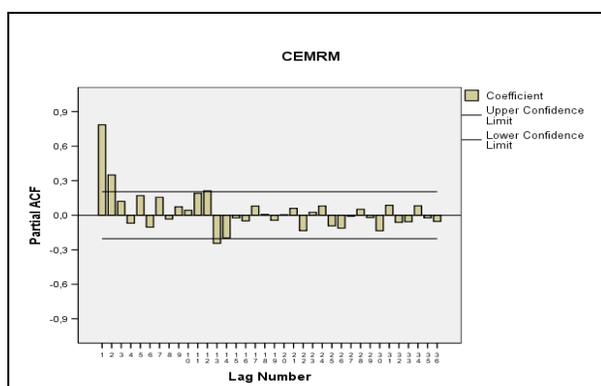


Gráfico 21, Auto correlación Parcial del Cemento



En los gráficos anteriores se puede apreciar que los coeficientes ACF no decaen rápidamente, por lo cual se puede descartar estacionalidad en media. Además, los despachos en el mes “t” dependen de los despachos realizados en los meses anteriores, principalmente de los efectuados con rezagos 1, 2, 12 y 13. Por esto puede considerarse que la serie depende de los despachos realizados los dos meses anteriores (fuertemente del dato del mes anterior) y se presenta una marcada estacionalidad de 12 meses.

El modelo predictivo debe considerar las propiedades descritas. Por este motivo se considera trabajar con dos modelos: uno de suavizamiento exponencial y el otro Arima. Estos modelos se trabajan a continuación.

3.3.5 Predicción de los Despachos de Cemento

En este punto se realiza la proyección de demanda mensual para el año 2009 considerando los modelos mencionados. Luego se analizan determinando cual es el que tiene un mejor ajuste.

La serie de las ventas del cemento se analiza por medio del programa SPSS versión 14.

Se consideran en el análisis los datos de las ventas de cemento a partir de enero del año 2000 hasta Julio del año 2008, debido a que previo al 2000 existe una interrupción en la información.

La muestra de calibración corresponde a los datos a partir de Enero del año 2000 hasta Diciembre del año 2007.

La muestra de validación corresponde a los datos desde Enero del año 2008 hasta Julio del mismo año.

SPSS cuenta con una función para modelar la serie de tiempo, encontrar el mejor ajuste entre una serie de modelos y predecir la serie con el modelo considerado. Esta función es *Expert Modeler*.

3.3.5.1 Predicción Utilizando Suavizamiento Exponencial

En este punto se estudia la proyección de la demanda por medio de una técnica de suavizamiento exponencial.

Para ajustar el modelo se utiliza la muestra de calibración.

Por medio de *Expert Modeler* de SPSS se busca el modelo que mejor se ajusta a los datos. El modelo que entrega el programa es un *Winters' additive*, el cual es descrito como un modelo apropiado para series con tendencia lineal y efectos estacionales.

Los parámetros corresponden a: nivel, tendencia y estacionalidad.

Este modelo es muy similar a un ARIMA con orden cero de auto correlación, un orden de diferenciación, un orden de diferenciación estacional y $p + 1$ ordenes de media móvil. En el caso de un año, p sería 12^{40} .

3.3.5.1.1 Modelo de Suavizamiento Exponencial Utilizando la Muestra de Calibración

Los parámetros calculados para el modelo son los siguientes:

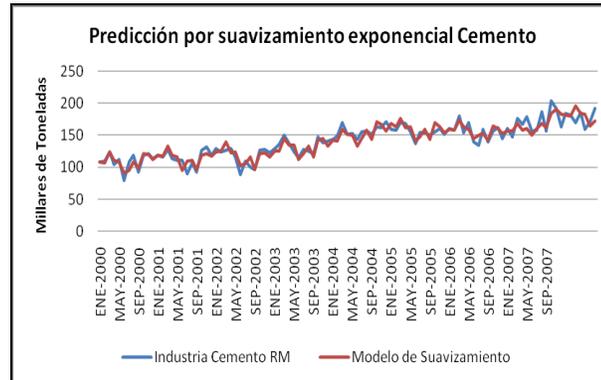
Tabla 11, Parámetros del Modelo de Suavizamiento Exponencial

Parámetro	Estimación
Alpha (Nivel)	0,39791937
Gamma (Tendencia)	1,8338E-06
Delta (Estacionalidad)	5,0699E-05

⁴⁰ SPSS HELP, extraído de Gardner, E. S. 1985. Exponential smoothing: The state of the art. Journal of Forecasting, 4, 1-28

Se muestra gráficamente, la serie del cemento y el modelo que la aproxima.

Gráfico 22, Predicción por Suavizamiento



Se puede apreciar que la serie se ajuste de una buena manera, pero para evaluar mejor esto se debe estudiar índices que determinan el ajuste de la serie al modelo.

Tabla 12, Indicadores del Modelo de Suavizamiento Exponencial, Muestra de Calibración

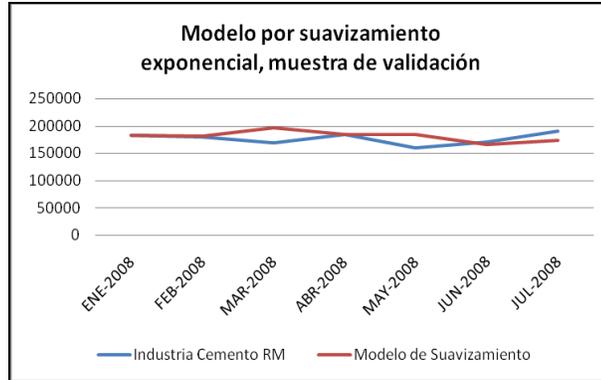
Indicador	Suavizamiento
R-squared	0,89
RMSE	8427,87
MAPE	5,03%
MAE	6754,85
MaxAPE	21,20%
MaxAE	19900,65

Se puede apreciar que el ajuste es bastante bueno, el R cuadrado es cercano a 0.9, lo cual es un claro indicador que el modelo se acerca a la realidad. El error en promedio es cercano al 5%, aunque el máximo error sobrepasa el 20%. En términos de toneladas, en promedio el error no supera las 10.000 toneladas, aunque el máximo error es cercano a las 20.000 toneladas.

3.3.5.1.2 Modelo de Suavizamiento Exponencial Utilizando la Muestra de Validación

En la muestra de validación, gráficamente se aprecia lo siguiente:

Gráfico 23, Modelo de Suavizamiento Exponencial, Muestra Validación



En índices:

Tabla 13, Indicadores del Modelo de Suavizamiento Exponencial, Muestra de Validación

Índice	Suavizamiento
R-squared	0,05
RMSE	15500,71
MAPE	6,50%
MAE	11127,13
MaxAPE	16,07%
MaxAE	27184,02

El error promedio es un 6,5%, pero el R cuadrado es muy bajo. En toneladas, el error es mayor al de la muestra de calibración y su máximo alcanza casi las 30.000 toneladas.

3.3.5.2 Predicción Utilizando ARIMA

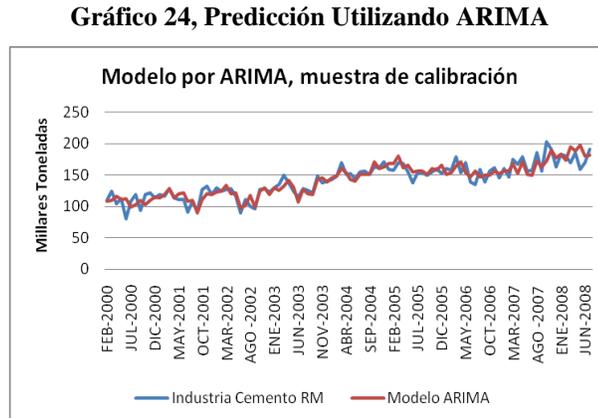
Para ajustar el modelo se utiliza la muestra de calibración. Por medio de *Expert Modeler* de SPSS se busca el modelo que mejor se ajuste a los datos por medio de ARIMA.

El modelo que entrega el programa es un “ARIMA (0,1,1)(1,0,0)”, lo cual indica que el modelo: no cuenta con auto-regresión; se diferencia una vez, presentando estacionalidad en la auto regresión; presenta orden 1 en el término de medias móviles. La estacionalidad es de 12 meses.

3.3.5.2.1 Modelo ARIMA Utilizando la Muestra de Calibración

Son descartados en el modelo los datos de Junio del 2001 y Octubre del 2007, esto por ser datos fuera de rango.

A continuación se muestra la serie y el modelo respectivo:



Los índices para el modelo en la muestra de calibración se muestran a continuación.

Tabla 14 Indicadores del Modelo ARIMA, Muestra de Calibración

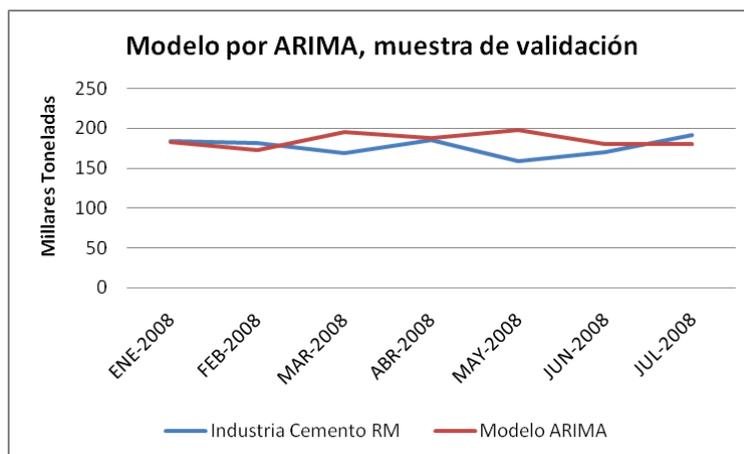
Índice	ARIMA
R-squared	0,85
RMSE	9907,83
MAPE	5,91%
MAE	7750,19
MaxAPE	39,36%
MaxAE	31507,47

El R cuadrado es bastante alto, el error promedio porcentual es bajo, aunque el error máximo es muy alto. El error promedio, medido en toneladas, es bajo las 10.000 toneladas. El máximo error es sobre las 31.000 toneladas.

3.3.5.2.2 Modelo ARIMA Utilizando la Muestra de Validación

En la muestra de validación se aprecia lo siguiente gráficamente:

Gráfico 25, Predicción ARIMA, Muestra de Validación



En índices:

Tabla 15, Indicadores Modelo ARIMA, Muestra de Validación

Índice	ARIMA
R-squared	0,38
RMSE	18385,52
MAPE	8,00%
MAE	13479,74
MaxAPE	23,92%
MaxAE	38083,60

El error promedio es más alto que en la muestra de calibración, pero el error máximo es bastante menor al de ésta.

3.3.5.3 Comparación de los Modelos

A continuación se muestra una tabla con los resultados de los modelos estudiados para la predicción de la serie.

Tabla 16, Comparación de los Modelos

Tabla Comparación	Muestra Calibración		Muestra Validación	
	Smooth	Arima	Smooth	Arima
R-squared	0,89	0,85	0,05	0,38
RMSE	8427,87	9907,83	15500,71	18385,52
MAPE	5,03%	5,91%	6,50%	8,00%
MAE	6754,85	7750,19	11127,13	13479,74
MaxAPE	21,20%	39,36%	16,07%	23,92%
MaxAE	19900,65	31507,47	27184,02	38083,60

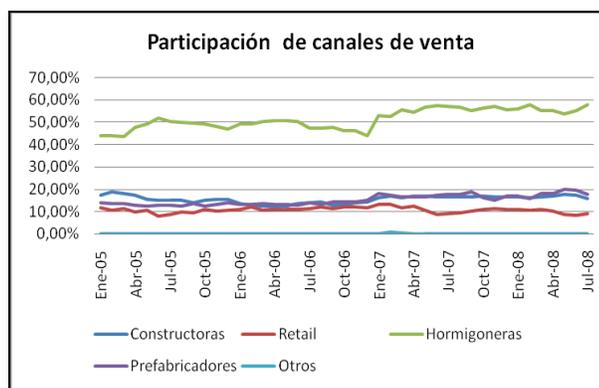
Se puede apreciar que el modelo de Suavizamiento Exponencial tiene un mejor resultado, dado que presenta errores menores en ambas muestras. El único índice en que la predicción de Arima es mejor, corresponde al R cuadrado de la muestra de validación, el cual es bastante más alto que el del modelo de Suavizamiento.

En conclusión, para la proyección de los despachos de Cemento en la Región Metropolitana se utiliza el primer modelo, esto es, el de suavizamiento exponencial.

3.3.5.4 Estimación de la Demanda de la Industria

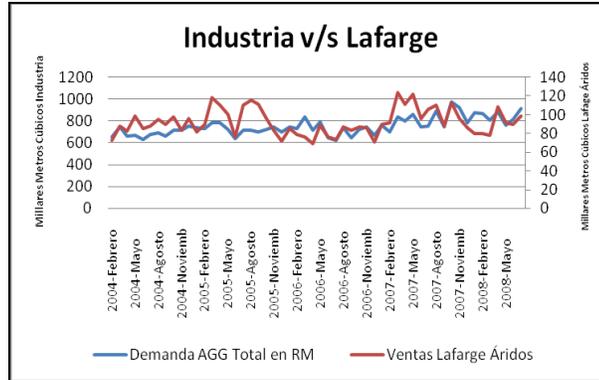
Para estimar la demanda de las ventas de arena, grava y gravilla es necesario conocer las ventas por canal del cemento. Esto se muestra a continuación de manera porcentual a partir del año 2005 hasta Julio del 2008.

Gráfico 26, Participación de los Canales de Venta del Cemento



Asumiendo los datos dados previamente, y considerando que el volumen de venta del asfalto corresponde a un 3% del volumen total, se tiene que la industria de los áridos arena, grava y gravilla (AGG), presenta el siguiente comportamiento.

Gráfico 27, Volumen Industria v/s Volumen Lafarge

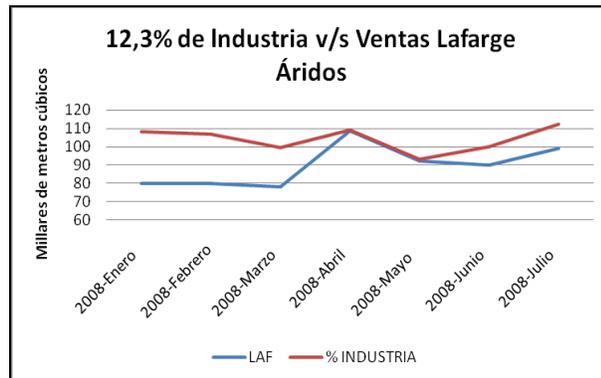


Las unidades de la industria corresponden al eje de la izquierda. El eje de la derecha corresponde a las unidades de las ventas de la empresa.

Desde ahora, al referirse a la industria o al mercado, se incluye solamente las ventas de arena, grava y gravilla que se utilizan para cemento y asfalto, salvo que se indique lo contrario.

De este modo, se tiene que la participación de mercado para la empresa es en promedio un 12,3%.

Gráfico 28, Comparación Ventas de Lafarge con 12,3% de la industria del año 2008



La evolución del *market share* de la empresa se muestra a continuación:

Gráfico 29, Participación de Mercado de Lafarge Áridos en el Tiempo



Se aprecia que la participación de mercado tiene una tendencia a la baja. Una de las causas en que la empresa ha ido dejando de abastecer algunas plantas de Lafarge Hormigones⁴¹.

3.3.5.5 Proyección de la Demanda de la Empresa

Dado que se cuenta con una predicción de la demanda del cemento para el año 2009, es posible realizar una estimación de la demanda de la industria de la arena, grava y gravilla para ese año.

A continuación se muestra la proyección de demanda de productos A para la empresa en el año 2009. Se considera que los despachos de cemento tendrán una caída del 10% por causa de la crisis mundial que ha comenzado a finales del año 2008 y que se espera continúe afectando hacia el año 2009⁴². Además, se espera un *market share* de un 15% para el año 2009⁴³.

Tabla 17, Proyección de Demanda para el 2009

Demanda Lafarge						
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
M ³	139464	138388	149908	140783	140409	127050
Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
M ³	132885	139447	129673	147428	147257	141223

⁴¹ Carlos Arce, Subgerente del área Comercial de Lafarge Áridos.

⁴² Se considera que como efecto de la crisis las ventas caen en un 10% con respecto a lo esperado. Revisar Anexos.

⁴³ Con el fin de considerar el crecimiento que espera la empresa en las ventas.

3.3.6 Otros Productos

Se determina la proyección de la demanda de los productos que no corresponden a arena, grava y gravilla. No se cuenta con información del mercado ni tampoco con un producto, como el cemento en el caso de los productos mencionados, que tenga una directa relación con la demanda éstos.

Se realiza la proyección de las ventas de otros productos como el valor promedio de los últimos 18 meses. Por lo cual se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 18, Proyección Demanda Otros Productos

Otros Productos						
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
M ³	30604	31046	31682	33003	34234	35161
Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
M ³	34401	32600	32535	32486	32475	32537

3.4 Determinación de la Cantidad de Camiones Fijos

Para determinar la flota que requiere la empresa de manera fija se realiza una simulación. Ésta considera la realidad de la empresa enfrentada durante el año 2008.

Entre las características de los despachos, se tiene que durante el 2008 fueron realizados a:

- Plantas de Lafarge Hormigones. De manera constante durante el año.
- Clientes esporádicos⁴⁴ en distintas ubicaciones de Santiago.

Para el 2009 se espera la misma estructura de clientes.

El volumen despachado diariamente es variable. También es variable el volumen que se despacha en los distintos tipos de camiones (bateas y tolvas).

En la simulación se busca determinar la cantidad de camiones fijos de cada tipo con que debe contar la empresa, de modo que sea económicamente conveniente para ella.

3.4.1 Análisis de los Clientes

Los clientes de la empresa pueden ser divididos en dos tipos. Una tiene ubicaciones fijas. El otro no.

Los despachos al cliente Lafarge Hormigones corresponden al 77% del despacho total⁴⁵ que se realiza de los productos arena, grava y gravilla. Los despachos para éste cliente son

⁴⁴ Son nombrados como "Otros Clientes".

realizados solamente en bateas, por lo cual, para fines de cálculo se considera que cada despacho es de 20 metros cúbicos.

Las plantas de hormigones tienen ubicaciones fijas. La distribución del volumen a despachar entre estas plantas es conocida, tanto para el año 2008 como para el año 2009.

En la figura se muestra la ubicación de las plantas de Lafarge Hormigones y de las plantas de Áridos desde las cuales se realizan los despachos.

Ilustración 5, Lafarge Hormigones



Fuente: Eduardo Parada, Marketing y Performance Lafarge Áridos

Los despachos a “Otros Clientes” están dispersos por Santiago y alrededores. En general son ubicaciones a las cuales se les despacha por un determinado periodo. Por ejemplo, se puede despachar a una obra en construcción, a un particular o a una empresa que construye calles, por una semana al mismo lugar, o por un día. Se espera que para el año 2009 siga funcionando de la misma manera.

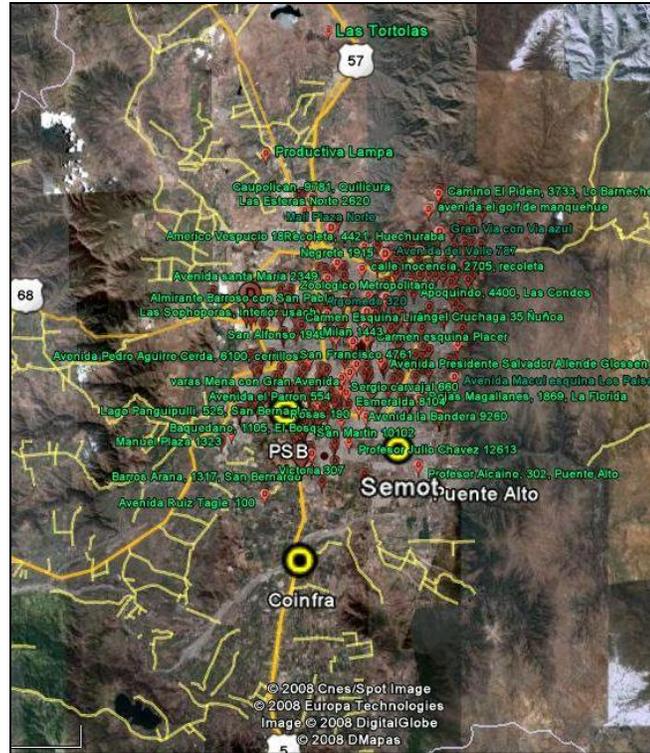
En total son más de 500 direcciones que presentan despachos durante el 2008 (Enero hasta Octubre). De éstas, tan solo 22 presentan volúmenes acumulados mayores a los 10.000 metros cúbicos.

Entre estas obras existe una que corresponde a un proyecto especial de venta de estabilizado (otros productos), el cual es de más de 100.000 metros cúbicos, en una zona periférica en el norte de Santiago. Dado lo especial y poco usual de este proyecto, se deja fuera del análisis, con el fin que no se distorsionen los resultados. Por ejemplo, el despacho a este cliente es realizado exclusivamente en batea. Esto altera la relación entre despachos realizados por los camiones de cada tipo.

⁴⁵ Para el año 2008

En la figura se muestra las direcciones de los despachos realizados desde Enero del año 2008 hasta Octubre del año 2008⁴⁶.

Ilustración 6, Otros Clientes



Se puede apreciar que los despachos son realizados en Santiago, y que son pocas las obras que están en zonas periféricas.

El problema de la determinación de la flota fija, dada las condiciones existentes, se divide en dos:

- Determinar un cantidad de bateas, con el fin atender los volúmenes que requieren las plantas de Lafarge Hormigones
- Determinar la cantidad de bateas y tolvas para atender a los Otros Clientes.

Dado que las plantas de Lafarge Hormigones tienen una ubicación fija, no existe el problema de aleatoriedad en la ubicación en que se debe realizar el despacho, que si existe con los Otros Clientes.

Para el segundo caso se realiza una zonificación de Santiago.

⁴⁶ Estas direcciones representan el 95% del volumen despachado a “Otros Clientes”.

3.4.2 Zonificación

La forma actual de pago al transportista y de cobro al cliente es por zona de despacho. Esto no puede ser modificado al menos en el mediano plazo. Por este motivo, se realiza una zonificación que permita que el kilometraje asignado desde la planta a la zona sea más cercano al recorrido que con las zonas actuales.

Actualmente la empresa cuenta con zonas de despachos que cubren extensas áreas.

Ilustración 7, Zonas Actuales



Fuente: Eduardo Parada, Marketing y Performance Lafarge Hormigones

El pago al transportista se realiza considerando un kilometraje medio a la zona. Esto lleva a pagar de una manera ineficiente.

Por ejemplo, Pudahuel y Maipú conforman una zona. La distancia desde cualquier planta de áridos es menor hasta Maipú que hasta Pudahuel. Claramente al transportista le conviene más ir a Maipú que a Pudahuel, dado que el pago es el mismo y los costos son menores. Por otra parte, los vendedores tienen mayores incentivos a cerrar negocios en Pudahuel, dado que el costo por flete es menor⁴⁷.

Esto lleva a pensar en zonas que representen de mejor manera la distancia real recorrida desde la planta al lugar de despacho.

Se definen zonas rectangulares de 2,4 por 3,8 KMS para toda la Región Metropolitana.

⁴⁷ El costo por el transporte del material para el cliente, considerando una distancia de 25 kilómetros ida, un valor de \$100 el metro cúbico Kilómetro(ida) y un valor de \$4.000 el metro cúbico de material, es de un 24%, esto lleva a que el negocio sea sensible al costo por despacho, sobre todo en negocios con un gran volumen.

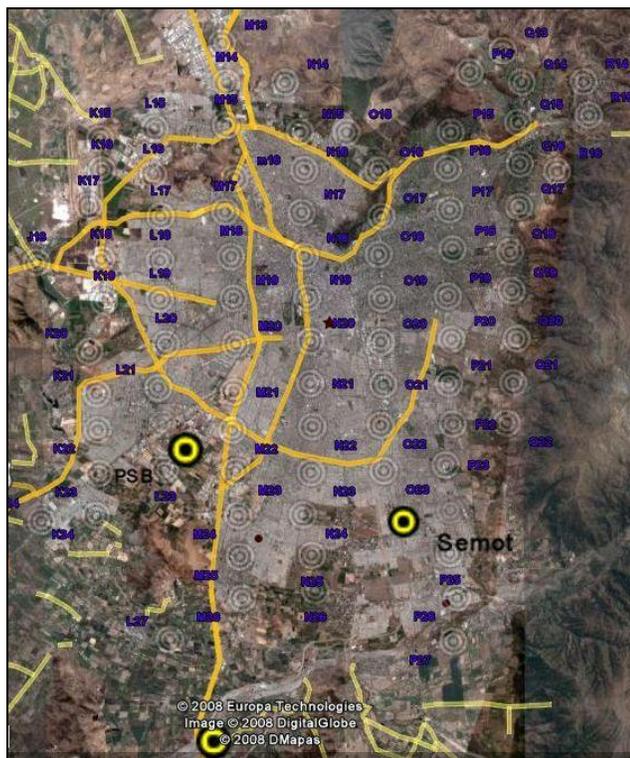
Estas zonas permiten que la diferencia de distancia asociada a la zona⁴⁸ no sea mayor a 2 kilómetros, con lo cual la diferencia de costo para el transportista no es mayor al 10 % para la mayoría de los despachos⁴⁹. Del mismo modo, la diferencia por cobro al cliente no es mayor al 10% de lo que debería pagarse por el kilometraje realmente andado.

Desde este punto en adelante, al hablar de zonas, se refiere a las zonas nuevas.

Se calcula la distancia a todas las zonas que presentan despachos durante el 2008. Estas corresponden a 86. Los datos de distancia del resto de las áreas deben ser calculados a medida que se requiera, esto es, cuando se presenten despachos en las zonas.

En la figura se muestra los puntos que representan a cada zona.

Ilustración 8, Puntos Medios Zonas Nuevas



Las plantas de Lafarge Hormigones son tratadas como zonas aparte, esto por que se conoce su ubicación exacta y por ende, su distancia desde las plantas de áridos⁵⁰.

⁴⁸ Se mide la distancia desde las plantas a un punto medio representativo de la zona.

⁴⁹ Los despachos a “Otros Clientes” durante el 2008 tienen una distancia promedio (ponderado por volumen) de 19 kilómetros.

⁵⁰ El kilometraje promedio (ponderado por el volumen) de los despachos a Lafarge Hormigones corresponde a 25 kilómetros. El tiempo (ponderado por volumen) de la vuelta es de 1,6 hrs.

3.4.3 Áreas de Influencia de las Plantas

Las áreas de influencia corresponden a áreas físicas en torno a cada planta en que el tiempo mínimo y máximo de viaje está acotado. De este modo, para cada planta existe un área en que el tiempo mínimo de viaje es 0 minutos y el máximo es X. El área siguiente tiene un tiempo mínimo de X+1 minutos y uno máximo de Y minutos. Se pueden seguir definiendo áreas siguiendo la misma lógica.

Para calcular el tiempo desde las distintas plantas hasta las zonas de despacho, se considera una velocidad media de traslado. Con el dato de la velocidad media y la distancia se obtiene el tiempo de traslado.

La velocidad media de desplazamiento desde las plantas⁵¹ se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 19, Velocidad Media

Vel. Media	PSB	CF	SM
KM/HRA	36	45	36

Con esta información es posible calcular el tiempo que tarda cada camión en el trayecto desde la planta a la zona de despacho.

Las áreas de influencia quedan definidas de un modo tal que el tiempo de viaje de ida desde la planta hasta el cliente es de: 20, 40, 60 y 80 minutos⁵².

Estas áreas de influencia son nombradas como Área-“planta de origen”-“tiempo máximo”.

Considerando el volumen del año del año 2008 (entre Enero y Octubre), se puede establecer un peso a cada área⁵³.

Tabla 20, Distribución Volumen en Áreas para el Año 2008

Área	Peso Área	Área	Peso Área	Área	Peso Área
Area-PSB-20	12,00%	Area-SM-20	4,00%	Area-CF-20	1,00%
Area-PSB-40	64,00%	Area-SM-40	58,00%	Area-CF-40	32,00%
Area-PSB-60	15,00%	Area-SM-60	28,00%	Area-CF-60	57,00%
Area-PSB-80	9,00%	Area-SM-80	10,00%	Area-CF-80	10,00%

Se aprecia que la mayor parte de los despachos a “Otros Clientes” se realiza en zonas que se encuentran entre 40 y 80 minutos. Esto es señal de que los clientes se encuentran más bien

⁵¹ Medidas en base a hojas de hora de salida y llegada desde las distintas plantas de origen a plantas de Lafarge Hormigones.

⁵² En los Anexos se encuentra la lista de zonas para cada área de influencia de cada planta.

⁵³ Calculado como porcentaje del volumen total despachado a “Otros Clientes”.

alejados de las plantas, por lo cual el costo en transporte se torna más importante al momento de cerrar negocios.

Esto lleva a la empresa a pagar la tarifa más baja posible a las empresas transportistas, con el fin de mantenerse competitivos en los negocios más alejados de las plantas.

Para efectos prácticos, se considerará la misma distribución de volumen de venta en las distintas áreas para el año 2009.

3.4.4 Despachos Diarios

El volumen despachado diariamente no es fijo. Tampoco es fija la distribución de éste volumen en los distintos tipos de camiones. Por esta razón se determina la distribución probabilística que siguen estas variables.

Dado que la cantidad de camiones fijos se determina considerando dos problemas distintos, uno que apunta a determinar los camiones necesarios para los despachos a Lafarge Hormigones y otro para determinar la cantidad de camiones para los Otros Clientes, el análisis de los despachos diarios se realiza de manera separada para cada caso.

Con respecto a la utilización de los distintos tipos de camiones:

- los despachos a las plantas de Lafarge Hormigones se realizan únicamente en bateas.
- los despachos a los “Otros Clientes” se realizan tanto en bateas como en tolvas.

El volumen diario que se despacha no es fijo, se comporta aleatoriamente. Por este motivo se consideran las siguientes variables aleatorias:

- % del volumen del mes (que es de lunes a viernes) que se despacha en un día (cualquiera de lunes a viernes) para los despachos realizados a plantas de Lafarge Hormigones → Log-Logistic(0; 4,78; 0,0403)
- % del volumen del mes (que es de lunes a viernes) que se despacha en un día (cualquiera de lunes a viernes) para los despachos realizados a Otros Clientes → Log-Logistic(0; 6,15; 0,0479)
- % del Volumen del día que se despacha en Batea → Beta(0; 0,701; 2,59; 2,64)

Los sábados presentan un 50% del volumen despachado con respecto al volumen despachado de un día de semana.

Para simular los despachos, se procede a generar los números aleatorios que sigan estas distribuciones en Excel.

3.4.5 Simulación

Se realiza una simulación que tiene el fin de determinar la cantidad de camiones fijos para el año 2009.

La simulación se divide en tres partes. La primera determina la cantidad de bateas necesarias para responder al volumen solicitado por las plantas de Lafarge Hormigones. La segunda determina la cantidad de bateas para Otros Clientes. La tercera determina la cantidad de tolvas necesarias para Otros Clientes.

Se debe ingresar:

- La tarifa a pagar a la flota fija. Ésta corresponde a \$32 para bateas y \$36.7 para tolvas. También se considera el *tag*, como 2 pesos agregados a este valor.
- La tarifa a pagar a la flota externa. Ésta es de \$50 para bateas y \$65 para tolvas.
- El monto fijo asegurado mensualmente a cada camión.
- El volumen proyectado para el año 2009. Éste se distribuye en ambos clientes.
- La cantidad de vueltas extra u horas extras que puede trabajar un camión en el día. La cual corresponde a 1 vuelta o 1.5 horas diarias.
- El pago fijo por el trabajo no realizado. Este, para las bateas de Lafarge Hormigones, corresponde a \$14100 por cada vuelta menos de las 166 comprometidas dentro del mes. En el caso de los Otros Clientes, se tiene una cantidad de horas comprometidas igual a 249 horas⁵⁴. Por cada 1.5 horas menos de las comprometidas de trabajo en el mes, se cancela un monto de \$14100 a las bateas y de \$11340 para tolvas.

El volumen de arena, grava y gravilla para Lafarge Hormigones corresponde a un 77% del total de estos productos. Éste se entrega completamente por medio de bateas.

Para los “Otros Clientes”, el volumen corresponde al 100% de los otros productos y el 23% de la arena, grava y gravilla restante. El 2% de este volumen es retirado por los clientes desde las plantas. El resto se entrega por medio de bateas y tolvas. El porcentaje del volumen diario que se entrega en bateas es aleatorio.

El volumen de la arena, grava y gravilla se despacha desde las tres plantas, esto es: el 80% desde PSB; 15% desde CF; 5% desde SM. El 100% del despacho de los otros productos se realiza desde la planta PSB. De este modo, se tienen despachos que se realizan desde las distintas plantas.

En el caso de Otros Clientes, como los despachos tienen ubicaciones aleatorias, se considera que se realizan diariamente a un tiempo aleatorio, en cada área de influencia. Por ejemplo, para el área 40 del PSB, se realiza un despacho con un tiempo de traslado entre 21 y 40 minutos, con esto se calcula un tiempo de ciclo para ese despacho y una distancia recorrida diferente para cada día y para cada área desde cada planta.

El volumen despachado dentro de cada área de influencia se muestra a continuación.

⁵⁴ Esto es equivalente a asegurar 166 vueltas características.

Tabla 21, Distribución del Volumen de cada Planta en las Áreas de Influencia

Área de Influencia	% del Volumen
PSB-20	12%
PSB-40	64%
PSB-60	15%
PSB-80	9%
SM-20	4%
SM-40	58%
SM-60	28%
SM-80	10%
CF-20	1%
CF-40	32%
CF-60	57%
CF-80	10%

Planta-tiempo: indica que planta es el origen y cuanto es el tiempo máximo de traslado desde la planta hasta cualquier cliente en el área, el tiempo está asignado en minutos.

Para una cantidad dada de camiones para cada caso (cantidad de bateas para Lafarge Hormigones, bateas y tolvas para Otros Cliente), se itera 100 veces, con lo cual se obtiene la tarifa promedio pagada en el año y el uso de la flota fija y la flota externa.

Se itera con diferentes configuraciones de camiones para seleccionar la que tenga el menor valor del metro cúbico promedio del año simulado.

3.4.6 Resultados Simulación

Se muestran los resultados de la simulación,

Se muestra a continuación para “Otros Clientes” el resultado de la cantidad de camiones necesaria para responder al volumen proyectado. La tarifa considera los \$2 de pago por *tag*.

Tabla 22, Resultado Simulación Batea Otros Clientes

Batea Otros Clientes					
# Camiones	Horas Totales Trabajo	M3	Horas Externa	\$/M3/KM con tag	Trabajo Externos / Trabajo total
1	32585	326251	19905	49,1	61%
2	32648	326369	16210	46,3	50%
3	32572	326041	12745	43,7	39%
4	32421	324318	9663	41,4	30%
5	32563	325659	7322	39,6	22%
6	32557	325660	5353	38,2	16%
7	32660	327285	3910	37,7	12%
8	32657	327102	2745	37,9	8%
9	32591	326245	1915	38,8	6%
10	32588	326249	1289	39,9	4%

La menor tarifa promedio del año es de \$37,7 y se obtiene al considerar 7 camiones. La flota externa representa un 12% del trabajo total realizado por las bateas en las entregas para Otros Clientes.

Tabla 23, Resultado Simulación Tolvas Otros Clientes

Tolvas Otros Clientes					
# Camiones	Horas Totales Trabajo	M3	Horas Externa	\$/M3/KM con tag	Trabajo Externos / Trabajo total
20	62543	593618	13456	43,6	22%
21	62947	595487	12155	43,1	19%
22	62921	595383	10541	42,6	17%
23	62862	594797	9280	42,2	15%
24	63042	596082	8115	42,1	13%
25	62716	594281	6932	42,0	11%
26	62853	595654	6005	42,1	10%
27	62846	594502	5269	42,4	8%
28	62822	595159	4523	42,6	7%
29	62858	595085	3922	43,0	6%

La menor tarifa promedio en este caso se da para 25 tolvas, con un valor de \$42. La flota externa representa un 11% del trabajo total del año 2009.

Tabla 24, Resultado Simulación Bateas Lafarge Hormigones

Bateas Lafarge Hormigones					
# Camiones	Horas Totales Trabajo	M3	Horas Externa	\$/M3/KM con tag	Trabajo Externos / Trabajo total
27	66.585	1.331.688	9.231	36,5	14%
28	66.585	1.331.675	8.038	36,2	12%
29	66.585	1.331.683	6.862	36,0	10%
30	66.585	1.331.697	5.880	35,8	9%
31	66.585	1.331.701	5.096	35,7	8%
32	66.584	1.331.660	4.411	35,7	7%
33	66.584	1.331.661	3.828	35,8	6%
34	66.584	1.331.704	3.308	35,9	5%
35	66.585	1.331.683	2.819	36,0	4%
36	66.585	1.331.711	2.486	36,3	4%

La menor tarifa promedio se obtiene con 31 bateas. Ésta tiene un valor de \$35,7. La utilización de camiones externos corresponde al 8%.

En resumen, para el volumen proyectado se considera que la flota debe corresponder a:

Tabla 25, Flota Fija para el año 2009

Cliente	Lafarge Hormigones	Otros Clientes	
Tipo Camión	Batea	Batea	Tolva
Cantidad	31	7	25

En total, se debe contar con 38 bateas y 25 tolvas para responder al volumen proyectado.

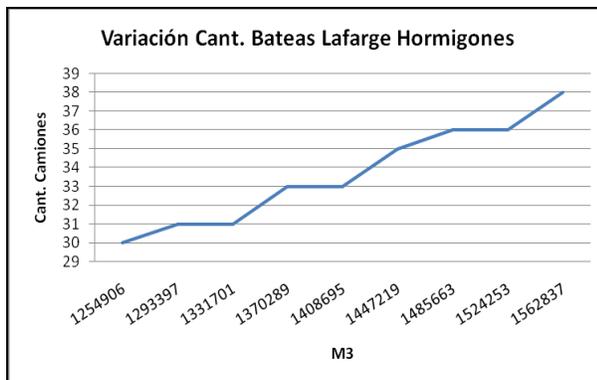
3.4.7 Análisis Sensibilidad de la Cantidad de Camiones

Se analiza como varía el la cantidad de camiones al variar el volumen anual proyectado para el año 2009.

Tabla 26, Variación de la Cantidad de Bateas para Lafarge Hormigones

Batea Lafarge Hormigones						
Cant. Camiones	Viajes en el Año	M ³	Viajes de Externos	\$/M ³ /KM con tag	Trabajo Externos / Trabajo total	Variación del Volumen
30	62745	1254906,09	4267,24135	35,7	7%	
31	64.669	1293396,52	4286,09723	35,7	7%	38.490
31	66.585	1.331.701	5.096	35,7	8%	38.304
33	68.513,18	1370288,7	4435,86014	35,7	6%	38.588
33	70.435,49	1408694,78	5245,49159	35,7	7%	38.406
35	72.358,88	1447219,13	4592,81286	35,7	6%	38.524
36	74.282,77	1485663,48	4650,03862	35,7	6%	38.444
36	76.212,41	1524253,04	5395,18043	35,7	7%	38.590
38	78.141,94	1562837,39	4888,35077	35,7	6%	38.584

Gráfico 30, Variación de la Cantidad de Camiones para Lafarge Hormigones

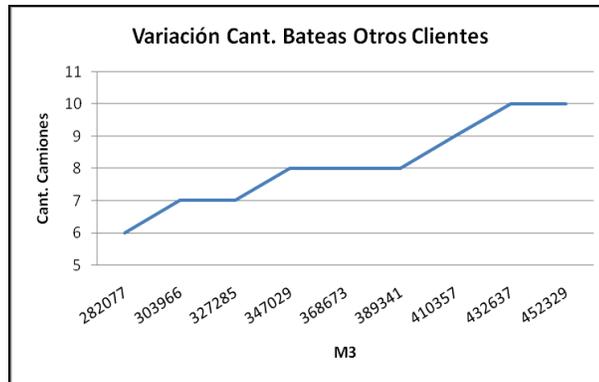


La cantidad de bateas no cambia linealmente, si no que presenta saltos de una manera escalonada. En promedio, por cada 38.500 m³ que aumente la demanda de Lafarge Hormigones, se debe aumentar en un camión la flota fija para este cliente.

Tabla 27, Variación de la Cantidad de Bateas para Otros Clientes

Batea Otros Clientes						
Cant. Camiones	Horas Totales de Trabajo	M ³	Horas Trabajo Externos	\$/M ³ /KM con tag	Trabajo Externos / Trabajo total	Variación del Volumen
6	28245	282077	3467	37,8	12%	
7	30405	303966	3037	37,8	10%	21889
7	32660	327285	3910	37,7	12%	23319
8	34648	347029	3444	37,8	10%	19744
8	36804	368673	4257	37,7	12%	23126
8	38845	389341	5107	37,8	13%	20847
9	40899	410357	4553	37,7	11%	20960
10	43148	432637	4171	37,7	10%	22031
10	45116	452329	4968	37,7	11%	19491

Gráfico 31, Variación de la Cantidad de Camiones para Otros Cliente

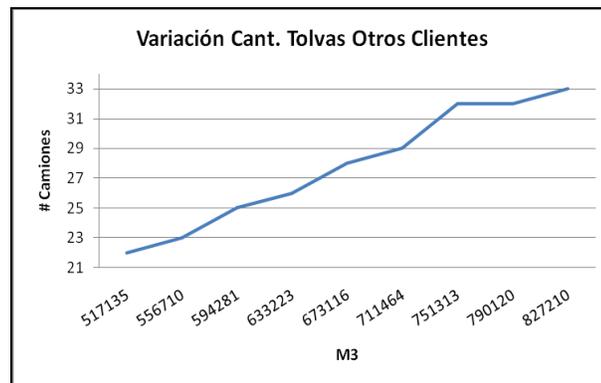


La cantidad de bateas para realizar los despachos a otros clientes varía dando saltos de manera escalonada. En promedio, cada 42.500 m³ que aumente la demanda anual por áridos para ser transportados en batea solicitados por Otros Clientes, debe aumentar en 1 la cantidad de estos camiones fijos.

Tabla 28, Variación de la Cantidad de Tolvas para Otros Clientes

Tolva Otros Clientes						
# Camiones	Horas Totales Trabajo	M ³	Horas Externa	\$/M ³ /KM con tag	Trabajo Externos / Trabajo total	Variación del Volumen
22	54712	517135	5752	42,0	11%	
23	58846	556710	6940	42,0	12%	39575
25	62716	594281	6932	42,0	11%	37571
26	66784	633223	7984	42,0	12%	38942
28	71042	673116	8157	42,0	11%	39893
29	75023	711464	9172	42,0	12%	38348
32	79188	751313	8188	42,0	10%	39849
32	83262	790120	10331	42,0	12%	38807
33	87022	827210	11483	42,1	13%	37090

Gráfico 32, Variación de la Cantidad de Tolvas para Otros Clientes



La cantidad de tolvas aumenta en 1 por cada 28.200 metros cúbicos en promedio de áridos que se requieran transportar de manera anual por este medio.

4 Conclusiones

El presente trabajo busca rediseñar el proceso de distribución de los productos de Lafarge Áridos, en la región Metropolitana.

Con respecto este objetivo, el proceso de distribución de los productos de Lafarge Áridos puede pasar a ser realizado en gran parte por camiones fijos y exclusivos.

Estos camiones aseguran en un 90% la respuesta a los clientes. En los casos que la demanda sobrepase la capacidad de carga de la flota, se recurriría a camiones externos. Estos últimos realizarían alrededor del 10% del trabajo total del año 2009.

Como conclusión frente al primer objetivo específico, se tiene que la flota fija implica una serie de obligaciones y beneficios para Lafarge Áridos y para las empresas transportistas. La obligación más importante de la empresa es mantener el nivel de trabajo para las empresas transportistas por medio de cumplir las ventas proyectadas y de un efectivo manejo de la flota diariamente. A su vez, las empresas transportistas deben tener sus camiones disponibles el 100% del tiempo y deben realizar el trabajo de la menor manera posible.

Se debe considerar un pago al transportista por el no cumplimiento del trabajo esperado mientras esto sea responsabilidad de Lafarge Áridos. Por lo cual, en el caso que el trabajo realizado por los camiones sea menor al pre-establecido, puede llevar a que el costo por transporte, reflejado en la tarifa promedio pagada, sea mayor al deseado.

Es necesario contar con un sistema de control de la flota, con el fin de monitorear el cumplimiento del trabajo de los camiones diariamente. En el caso de no existir ésta herramienta, no se tiene control de la manera en que realizan el trabajo los distintos camiones, lo cual puede llevar a un aprovechamiento por parte de los conductores de los camiones.

La tarifa se debe pagar por traslado, esto es, pagando por metro cúbico kilómetro recorrido. Esto tiene el fin que el chofer sienta la misma motivación por ir a entregar que por volver a la planta para cargar nuevamente.

Al contar con una flota exclusiva, es esperable que la respuesta a los clientes mejore, teniendo una mejor calidad del servicio entregado al cliente.

El nivel de seguridad que presentan los camiones exclusivos sería mayor al actual, en parte por que tendrían mejores camiones a los actuales, y por otra parte, el trabajo de los conductores sería más normado y controlado, permitiendo aumentar los estándares de seguridad de conducción y de comportamiento de estos choferes.

Respondiendo al segundo objetivo específico. La tarifa a pagar para el año 2009 es de \$32 para bateas y \$36,7 para tolvas considerando un escenario esperado.

Ésta tarifa debe estar sujeta a los cambios en el mercado, en particular, debe variar con el precio del petróleo, dado lo importante que es este ítem en el costo de cada despacho.

La tarifa calculada para las tolvas es sumamente menor a los \$42,5 que se pagan actualmente. Para que la tarifa de las tolvas fijas llegue al nivel que se paga el 2008, debiese haber condiciones de mercado muy adversas. Cambiar la tarifa para las tolvas implicaría un ahorro significativo para la empresa.

La tarifa calculada para las bateas fijas está ajustada a lo que se paga actualmente. Por lo cual, aplicar la tarifa de flota exclusiva implica que el costo de transporte de la empresa puede subir o bajar dependiendo de las condiciones del mercado.

Con respecto al tercer objetivo específico, la flota fija depende del volumen que se despache el año 2009. Considerando una proyección de la demanda para el año 2009 de 2.253.267 m³, se necesita 38 bateas y 25 tolvas. Con esta configuración, cerca de un 11% del trabajo realizado sería por flota externa.

Considerando el cuarto objetivo específico, se aprecia que la mayor cantidad de los despachos para Otros Clientes se realizan alejados de las plantas de producción, con tiempos de traslado desde la planta entre 21 y 60 minutos.

Lo anterior implica que el costo por transporte es muy importante al momento de cerrar negocios con los clientes, por lo cual se hace necesario para la empresa obtener un costo por transporte bajo, o sea, una tarifa por metro cúbico kilómetro baja.

5 Bibliografía

- Alvarez I. A. 2006. [Apuntes de Cátedra IN42A diapositivas] Evaluación de Proyectos.
- Aravena F. 2000. Análisis Industrial del los Áridos en la Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 5p
- Badilla P., T. A. 2002. Estudio de la Factibilidad Técnica y Estimación de la Demanda de Pavimentos de Asfalto Modificado con Caucho de Neumáticos Desechados. Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 63p.
- Crespo C. 1996. Vías de comunicación, Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos.3ª ed. México. Limusa. 315p.
- Greene W. 1999. Análisis Económico.3ª ed. Madrid. Prentice Hall Iberia S.R.L. 912p.
- Hunneus C. A. 2007. [Apuntes de Cátedra] “Métodos Estadísticos para Economía y Gestión”.
- Mathur K., Solow D. 1996 Investigación de Operaciones, El arte de la toma de decisiones. México. Prentice-Hall. 977p.
- Seguel J. 1996. Rediseño del Sistema de Transporte para una Empresa Forestal, Memoria Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 202p
- Weintraub A. 2007. [Apuntes de Cátedra IN47B diapositivas] Ingeniería de Operaciones.

Anexo A

Relación Áridos para Asfalto v/s Áridos para Cemento

Basado en los datos de demanda de asfalto para los años 2002 y 2003¹. Considerando que el 60% del cemento se vende para hormigón y el 40% para morteros², se tiene lo siguiente.

relacion cemento arido	Año	Toneladas Cemento Chile	Ton Asfalto Chile	Aridos por Cemento M3	Aridos por Asfalto M3	% Aridos por Asfalto c/r al Total
4,26	2002	3461682,28	408010	9216729,071	255006,25	2,69%
	2003	3622411,954	383669	9644671,828	239793,125	2,43%

La relación cemento árido indica cuantas toneladas de árido se utiliza por cada tonelada de cemento, al dividir por 1,6 se obtiene el valor el metros cúbicos. La densidad del asfalto es igual a 1³ y que la dosis de asfalto es 1 a 1, esto es, por cada metro cúbico de asfalto, se requiere de un metro cúbico de áridos.

Para efectos prácticos, se utilizará que el árido requerido para asfalto es un 3% del total de la demanda de áridos que produce el consumo de cemento y asfalto.

¹ Estudio de la Factibilidad técnica y estimación de la demanda de pavimentos de asfalto modificado con caucho de neumáticos desechados, Pablo Antonio Badilla Montes, 2002

² Análisis Industrial del los Áridos en la Región Metropolitana, Francisco Aravena, 2000

³ Vías de comunicación, Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos, Carlos Crespo Villalaz , Página 315, 3ª Edición.

Anexo B

Crisis Económica

El área industrial del cemento ha ido aprendiendo con el tiempo a enfrentar las épocas de crisis. En la tabla siguiente se muestra la caída de las ventas del cemento y del PIB, para la crisis de 1982 y para la crisis técnica de 1998.

Año	PIB	Caída PIB	Despachos Cementos	Caída Ventas Cemento
81	3.529.836		1.850	
82	3.056.065	-13,42%	1.146	-38,05%
98	36.534.873		3.848	
99	37.138.542	1,65%	3.036	-21,10%

Con el fin de considerar el efecto crisis en la proyección de la demanda, se considera que las ventas de cemento caerán en un 10% para el año 2009.

Anexo C

Determinación de los Costos del Transportista

Esta planilla cuenta con la información detallada de los costos incurridos por un tracto camión con batea y de una tolva, al realizar una vuelta característica, definida como un recorrido de 25 km. de ida y 25 km. de vuelta en 1,5 hrs.

Se consideró una utilización de la batea correspondiente a 166 vueltas por mes (el mes equivale a 26 días de trabajo: 22 de jornada lunes a viernes, y 4 sábados adicionalmente), donde cada vuelta equivale a un total de 50 km.

A continuación se explican los parámetros utilizados

Compra del Camión	
Valor Camión Mas Batea en US\$	130000
Tasa Leasing Real Anual	14%
Cantidad de Cuotas	72
Valor UF al Momento de la Compra	\$ 21.000
Valor Dollar (en CLP) al Momento de la Compra	\$ 600
UTM Al Momento de Compra	\$ 35.648
Cuota a Pagar	65,3
Datos de Hoy	
UF HOY	\$ 21.000
Petróleo HOY	\$ 550
Recuperación Específico Petróleo	80%
Datos Para Mantenciones	
Horas Entre Mantenición Motor	350
Horas Entre Mantenición Batea	350

La manera de calcular las mantenciones que necesita el camión, el gasto en petróleo, el leasing para la compra de camiones, y el sueldo del chofer, serán explicadas a continuación.

- **Mantenimiento del Motor**

Para realizar la mantención del motor se requiere incurrir en gastos en distintos ítems cada una cierta cantidad de horas de uso del camión, que se detallan en la tabla que sigue.

Horas uso camión	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150	3500	3850	4200	4550
Aceite Motor	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
Aceite Caja de Cambios	3,45	0	0	0	0	0	0	0	3,45	0	0	0	3,45
Aceite Diferencial	2,09	0	0	0	2,09	0	0	0	2,09	0	0	0	2,09
Aceite de Dirección	0	0	0	0	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0
Filtro Aceite Motor	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Filtro Separador	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Filtro de Combustible	0,72	0,72	0,72	0,72	0,70	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Filtro de Diferencial	0,13	0	0	0	0,13	0	0	0	0,13	0	0	0	0,13
Filtro de dirección	0	0	0	0	0,77	0	0	0	0,77	0	0	0	0,77
Filtro de Aire	0	0	0	0	2,51	0	0	0	2,51	0	0	0	2,51
Desengrasante	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Grasa	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Empaquetadura tapa de válvulas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,08

Todos los valores son netos y se encuentran en UF. Se ha detallado las primeras 4550 horas de trabajo del camión, dado que las próximas mantenciones se realizan de manera análoga y siguen un comportamiento cíclico.

A modo de ejemplo, el aceite de motor debe ser cambiado cada 350 horas a un costo de 3.84 UF.

Para calcular el costo mensual por este ítem de mantención, se creó una macro que recopila la información de las mantenciones que se realizan dentro del mes. Existen ocasiones que en el mismo mes es necesario hacer dos mantenciones, esto por el mayor uso del camión.

Estos valores mensuales netos son cargados al flujo de efectivo. Con los datos de esta tabla son obtenidos los costos netos anuales de cada ítem, que se cargan al flujo de caja.

- **Mantenición de la batea**

Para realizar la mantención de la batea se requiere incurrir en gastos en distintos ítems cada una cierta cantidad de horas de uso del camión, que se detallan en la tabla que sigue.

Horas uso camión	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150	3500
Mano de obra	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Embalatado Patín Batea	0	0	0	0	1,76	0	0	0	0	1,76

Todos los valores son netos y se encuentran en UF. Se ha detallado las primeras 3500 horas de trabajo del camión, dado que las próximas mantenciones se realizan de manera análoga y siguen un comportamiento prácticamente lineal al mostrado.

Para calcular el costo mensual por este ítem de mantención, se creó una macro que recopila la información de las mantenciones que se realizan dentro del mes. Existen ocasiones que en el mismo mes es necesario hacer dos mantenciones, esto por el mayor uso del camión.

Estos valores mensuales netos son cargados al flujo de efectivo. Con los datos de esta tabla son obtenidos los costos netos anuales de cada ítem, que se cargan al flujo de caja.

- **Leasing**

Se considera una cuota fija para el leasing dada una tasa real, el Leasing es sin pie.

- **Sueldo Chofer**

Se considera un sueldo con un aparte fija y otra variable (1% de la facturación que realice el camión). Estos costos son calculados mensualmente, cuyos valores son agregados a los costos fijos y variables en el flujo de efectivo, y también se calculan anualmente, siendo de esta manera agregados al flujo de caja

- **Flujo de petróleo**

Para el cálculo del gasto en petróleo se cuenta con una serie de parámetros. Éstos se muestran a continuación.

Ítems Petróleo / Mes
Rendimiento por Litro Ida
Rendimiento por Litro Retorno
KMS recorridos Lleno por Vuelta
KMS recorridos Vacío por Vuelta
Valor Litro Petróleo
Valor UTM
Tasa Especifico por litro (UTM/Litro)
Impuesto Específico
% Recuperación Específico ⁴
Valor Petróleo Sin Específico
IVA
Valor Neto Litro Petróleo
Valor Específico No Recuperado por litro

Se considera el mismo rendimiento de ida y retorno. Con el rendimiento y el kilometraje se obtiene el consumo de petróleo en litros, este dato se considera mensual.

El valor del litro de petróleo es el que se maneja en las bombas bencineras.

El impuesto específico es de 0,015 UTM por cada litro de petróleo, este valor se divide entre los que se recupera y lo que efectivamente es un costo operacional.

El iva es calculado considerando el valor del petróleo sin el impuesto específico.

Con estos datos se calcula el costo operacional por petróleo y el monto que se recupera.

- Neumáticos

Se considera que un neumático tiene una vida útil de 60.000 kilómetros. Para efectos de la evaluación no se considera recauchaje, solo el cambio de los neumáticos una vez recorridos los 60.000 kilómetros

- Administración

⁴ El porcentaje de recuperación del impuesto específico actualmente es un 80%, desde julio de este año mintiéndose hasta julio del año 2009. Anteriormente este porcentaje era un 20%.

Se considera el sueldo mensual del personal administrativo y de los mecánicos. Además se considera un 20% extra (del sueldo) con lo que se considera las colaciones y otros gastos de la empresa por el trabajador asociado a ésta.

- Flujo de Efectivo

Flujos de Efectivo
Ventas
Ingresos Efectivos
Costo Total Mes
Sueldo Chofer Fijo
Permiso circulación
Revisión técnica
Sueldo Administración
Sueldo Variable Chofer
Petróleo NETO
Específico Petróleo
Peaje
Mantenimiento del Motor
Mantenimiento Batea
Neumáticos
Reparación
Gastos financieros (Cuota Leasing)
Impuestos
PPM
IVA Debito
IVA Crédito
Remanente Periodo Anterior
IVA a Pagar
Remanente Periodo Actual
Pago por Impuesto a la Renta
Flujo de Efectivo
Flujo Acumulado

El flujo de efectivo busca determinar la capacidad de pago del transportista, y por ende el capital de trabajo.

- Flujo de Caja

Flujo de caja
Ingresos por ventas
Costos fijos (Mantención)
Sueldo Chofer
Permiso circulación
Revisión técnica,
Sueldo Administración
Costos Variables
Sueldo Variable Chofer
Petróleo NETO
Específico Petróleo
Peaje
Mantención del Motor
Mantención Batea
Neumáticos
Reparación
Gastos financieros (Cuota Leasing)
Depreciación legal
Pérdidas ejercicios anteriores
<i>Utilidad Antes de Impuestos</i>
Impuesto a la Renta
<i>Utilidad Después de Impuestos</i>
Depreciación legal
Pérdidas ejercicios anteriores
<i>Flujo de Caja Operacional</i>
Valor residual camión
Capital de trabajo
Recuperación del capital de trabajo
<i>Flujo de Capitales</i>
Flujo de Caja

El flujo de caja se realiza a 7 años plazo y da cuenta de los Flujos Operacionales Anuales de la Empresa. A partir de éste Flujo se determina la tarifa, considerando los ingresos que son necesarios de manera anual para que la empresa obtenga una rentabilidad operacional del 10%.

Anexo D

Formulario Empresas Transportistas

1. *Nombre Empresa*
2. *Nombre entrevistado, cargo*
3. *Con respecto a los camiones:*
 - 3.1. *Cantidad de camiones*
 - 3.2. *Marca , modelo, año y capacidad de cada camión*
 - 3.3. *Financiamiento (Leasing?, Crédito?, tasa?, periodo)*
 - 3.4. *Mantenición camiones*
 - 3.4.1. *Mantenición (repuestos, aceites, etc.)*
 - 3.4.2. *Tiempo entre mantenciones.*

Ítems de Mantenición

<i>Ítem</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Monto</i>	<i>Periodicidad (cada cuantas horas)</i>
<i>Mantenimiento</i>				
<i>Aceite Motor</i>				
<i>Aceite Caja</i>				
<i>Aceite Diferencial</i>				
<i>Aceite de Dirección</i>				
<i>Filtro Aceite Motor</i>				
<i>Filtro Separador</i>				
<i>Filtro de Combustible</i>				
<i>Filtro de Diferencial</i>				
<i>Filtro de dirección</i>				
<i>Filtro de Aire</i>				
<i>Desengrasante</i>				
<i>Grasa</i>				
<i>Empaquetadura tapa de válvulas</i>				

- 3.5. *Fallas recurrentes (fuera de las mantenencias, indique frecuencia)*
- 3.6. *Pana significativa económicamente (a los cuantos años, tipo y monto)*
- 3.7. *Cada cuanto Cambia neumático?, cuantas veces recaucha un neumático en promedio, cuanto dura un neumático recauchado en promedio (uso mixto)?*
- 3.8. *Otros costos asociados al camión, como permiso de circulación, revisión técnica, seguros? (frecuencia y valor)*
4. *Con respecto a la empresa*
 - 4.1. *Choferes (remuneración, distribución “%fijo, % variable”)*
 - 4.2. *Personal (función, remuneración) (administrativo, otro?)*
 - 4.3. *Mecánicos (cantidad, responsabilidades, remuneración)*
 - 4.4. *Terreno (Garaje, metros cuadrados, propio o arrendado, ubicación, costo)*

Otros costos referentes a la empresa o los camiones que no haya sido considerado en las preguntas anteriores.

Anexo E

Puntos Medios Zonas Nuevas

Se entrega los puntos medios a cada una de las zonas nuevas. Se entrega las coordenadas y una explicación para orientarse.

Zona	Intersección o calle o explicación		Coordenadas	
	Calle	Calle	Latitud	Longitud
L17	Costamera Sur	Rolando Petersen	-33.413216°	-70.747057°
L16	Camino el Cerro	Camino Lo Boza	-33.391323°	-70.751538°
L18	San Francisco	Pasaje Lanco	-33.436411°	-70.747457°
L19	La Travesía	Jorge Prat	-33.456533°	-70.747765°
L20	Sante Elena	Pavenida Pajaritos	-33.479954°	-70.744121°
L21	Avenida Presidente Kennedy	Los Héroes	-33.502830°	-70.748854°
L22	Camino a Melipilla	Los Yacimientos	-33.521947°	-70.746522°
L23	Camino a Lonquen	Pasaje Aurora	-33.545792°	-70.744977°
L15	Las Violetas	Parinacota	-33.367448°	-70.750474°
K15	camino lo boza	camino a lampa	-33.372527°	-70.784605°
K16	Camino Lampa	Miraflores	-33.388925°	-70.783560°
K17	Armando cortinez	Sanchez Baeza	-33.407808°	-70.791783°
K18	Americo Vespucio Norte	Rio Clarillo	-33.435717°	-70.784309°
K19	Puerto Santiago	Avenida Laguna Sur	-33.457667°	-70.782427°
K20	Avenida La Farfana		-33.483714°	-70.791899°
K21	Camino Rinconada	Colo Colo	-33.505574°	-70.788076°
K22	Avenida Nueva San Martin	Avenida Las Naciones	-33.524798°	-70.786851°
K23	Camino a Melipilla	Granaderos de San Martin	-33.547491°	-70.786139°
K24	Cuarta Transversal	Tercera Avenida	-33.567382°	-70.788172°
J18	Camino a Valparaiso Ruta 68	G - 184	-33.437108°	-70.824579°
J24	Camino Los Bajos de Santa Cruz	Calle Nueva	-33.572485°	-70.822299°
L27	Comandante Las Heras	cerca avenida calera de tango	-33.634508°	-70.742343°
M13	Caupolican	Cañaverál	-33.322745°	-70.708385°
M14	Avenida Fresia	Lautaro	-33.343546°	-70.705740°
M15	Senador Jaime Guzman Errazuruz	Avenida Manuel Antonio Matta	-33.365791°	-70.706013°

Zona	Intersección o calle o explicación		Coordenadas	
	Calle	Calle	Latitud	Longitud
M16	Avenida Puerto Montt	Avenida Apostol Santiago	-33.393438°	-70.700840°
M17	Nueva Platon	Lo Espinoza	-33.411031°	-70.706686°
M18	Padre Damian Deveuster	Los Andes	-33.434418°	-70.703252°
M19	Francisco Zelada	Avenida Libertador Bernardo O Higgins	-33.456280°	-70.701861°
M20	Avenida Las Sur	Avenida Suiza	-33.480223°	-70.700466°
M21	Avenida Páblo Neruda	Avenida Aeropuerto	-33.505247°	-70.701856°
M22	Pedro Lira	Valenzuela Puelma	-33.525183°	-70.702834°
M23	Lago Panguipulli	Paralela la Divisa, cerca avenida presidente alessandri	-33.546798°	-70.700842°
M24	Avenida Ochagavia	Los Pinos	-33.569789°	-70.699390°
M25	Avenida Colon SUR	Barros Arana	-33.591285°	-70.698399°
M26	Avenida Diego Portales	Enrique Madris Osorio	-33.613037°	-70.697241°
N14	Avenida Pedro Fontova	Avenida Altos del valle	-33.343407°	-70.669176°
N15	Santa Helena de Huechuraba	Camino El Guanaco	-33.369177°	-70.659892°
N16	Camino El Huanaco	Casique Lemolemo	-33.389256°	-70.657411°
N17	Avenida Independencia	Avenida Francia	-33.411554°	-70.659155°
N18	San Pablo	Amunategui	-33.434429°	-70.657371°
N19	San Ignacio de Loyola	Copiapo	-33.456289°	-70.655938°
N20	Avenida Carlos Valodovinos	San Ignacio	-33.478867°	-70.653851°
N21	Gran Avenida	Piramide	-33.500950°	-70.654185°
N22	Fernando Rioja	Jose Asenjo	-33.523483°	-70.652831°
N23	Nueva Poniente	Torreblanca	-33.547483°	-70.653717°
N24	San Francisco	Santa Cora	-33.569579°	-70.658843°
N25	Avenida Lautaro	Huelen	-33.590758°	-70.653398°
N26	Camino El Mariscal	Entre Santa Rosa y San Francisco	-33.609221°	-70.651415°
O15	Premio Nobel	El Pincoy	-33.369701°	-70.630860°
O16	Rinconada el Salto	Frente Avenida Del Valle	-33.389586°	-70.611262°

Zona	Intersección o calle o explicación		Coordenadas	
	Calle	Calle	Latitud	Longitud
O17	Los Hidalgos	Los Conquistadores	-33.413700°	-70.609406°
O18	Marchant Pereira	Mar del Plata	-33.433597°	-70.611116°
O19	José Domingo Cañas	Campo de Deporte	-33.456726°	-70.609344°
O20	Avenida Castillo	Los Olmos	-33.479317°	-70.609882°
O21	Jorge Quevedo	Avenida Pintor Rebolledo	-33.501576°	-70.608526°
O22	Punta Arenas	Yungay	-33.522876°	-70.610110°
O23	Avenida Trinidad	Las Gardenias	-33.546694°	-70.608466°
P14	Avenida El Golf de Manquehue	Avenida Camino Real	-33.338321°	-70.554043°
P15	Camino EL Condor	Camino del Colibri	-33.369732°	-70.565912°
P16	Avenida Vitacura	Embajador Doussinague	-33.388714°	-70.567995°
P17	Avenida Manquehue Sur	Del Inca	-33.410309°	-70.566743°
P18	Avenida Manquehue Sur	Francisco Bilbao	-33.430844°	-70.565030°
P19	Avenida Blest Gana	Paula Jaraquemada	-33.455529°	-70.568221°
P20	Avenida el Valle	Avenida las Caracas	-33.478043°	-70.565788°
P21	El Chuncho	Avenida cuatrocientos 65	-33.501105°	-70.567425°
P22	Avenida Walker Martinez	Orompello	-33.522338°	-70.565180°
P23	Avenida Santa Amaya	Avenida La Florida	-33.543677°	-70.569748°
P24	Avenida Mexico	Avenida Los Toros	-33.567480°	-70.566752°
P25	Avenida Nonato Coo	Portal Andino	-33.589932°	-70.567306°
P26	Avenida Nonato Coo	Pasaje Los Loros	-33.613116°	-70.562790°
P27	Brisas del Racó	entre avenida costanera del campo y Av Ramón Subercaseaux	-33.635999°	-70.565206°
Q13	Paseo de los Novicios	Avenida Panoramica Sur	-33.327193°	-70.533431°
Q14	Avenida Golf Lomas de la Dehesa	Avenida la Dehesa	-33.343633°	-70.521658°
Q15	Camino La Villa	Casas de LA Villa	-33.364721°	-70.523953°

Zona	Intersección o calle o explicación		Coordenadas	
	Calle	Calle	Latitud	Longitud
Q16	Avenida Charles Hamilton	Valle Alegre	-33.386459°	-70.522889°
Q17	Quebrada Honda	Colina Vista Hermosa	-33.408866°	-70.523464°
Q18	Valenzuela Puelma	Escultora Rebeca Matte	-33.432382°	-70.529131°
Q19	Avenida Larrain	Avenida Las Perdices	-33.452666°	-70.528302°
Q20	Avenida Alvaro Casanova	Avenida Las Torres	-33.477800°	-70.525164°
Q21	Avenida Alvaro Casanova	Avenida Quilin	-33.500842°	-70.527395°
Q22	Longitudinal Norte		-33.521924°	-70.531478°
R14	Camino de la Colina		-33.343493°	-70.483039°
R15	Pastor Fernandez	Camino del Cajon	-33.360991°	-70.479799°
R16	Avenida La Plaza	Avenida San Francisco de Asis	-33.390329°	-70.499773°

Anexo F

Distancia Planta-Zona Nueva

Las distancias a las zonas nuevas fueron medidas utilizando el software Google Earth. Cada recorrido considera la utilización de las avenidas y autopistas principales.

Zona / KMS	SB	SM	CF
J18	18	30	37
J24	13	28	27
K15	24	35	43
K16	26	33	41
K17	19	31	38
K18	15	27	34
K19	13	30	35
K20	12	24	32
K21	10	23	31
K22	8	23	28
K23	9	24	29
K24	10	28	25
L11	39	45	45
L15	26	37	44
L16	22	34	41
L17	20	32	37
L18	17	31	36
L19	13	28	32
L20	10	23	30
L21	8	20	27
L22	4	19	24
L23	4	20	28
L27	18	27	11
M13	30	43	46
M14	26	34	42
M15	25	32	41
M16	20	27	36
M17	16	27	35
M18	14	24	32
M19	11	21	30

Zona / KMS	SB	SM	CF
M20	8	18	27
M21	6	18	23
M22	5	16	21
M23	8	16	19
M24	10	16	16
M25	12	17	14
M26	15	18	11
N14	30	38	45
N15	29	34	45
N16	25	32	40
N17	22	29	36
N18	19	27	33
N19	16	24	30
N20	14	22	28
N21	22	19	26
N22	11	16	25
N23	10	13	22
N24	12	11	20
N25	16	10	18
N26	19	12	17
O15	32	33	44
O16	31	30	45
O17	26	21	41
O18	23	19	44
O19	20	16	42
O20	17	14	38
O21	17	10	35
O22	16	8	34
O23	14	5	30
P14	40	35	53

Zona / KMS	SB	SM	CF
P15	39	28	46
P16	30	24	46
P17	29	21	44
P18	27	22	41
P19	26	19	38
P20	25	12	37
P21	22	12	35
P22	20	11	34
P23	18	22	35
P24	20	4	32
P25	21	5	29
P26	25	8	27
P27	27	10	28
Q13	42	36	54
Q14	39	32	53
Q15	37	31	51
Q16	35	27	48
Q17	34	25	48
Q18	33	24	44
Q19	30	21	42
Q20	28	19	41
Q21	25	17	37
Q22	23	13	42
R14	42	31	57
R15	39	28	54
R16	36	28	52

Anexo G

Áreas de Influencia

Se muestran las áreas de influencia y las zonas que la componen.

Area-PSB-20	Area-PSB-40	Area-PSB-60	Area-PSB-80
L22	J18	K16	L11
L23	J24	L15	P14
M21	K18	M13	P15
M22	K19	M14	Q13
K20	L18	M15	Q14
K21	L19	N14	Q15
K22	L27	N15	R14
K23	M17	N16	R15
K24	M18	O17	
L20	M26	P16	
L21	N19	P17	
M19	N20	P18	
M20	N25	P19	
M23	O20	P20	
M24	O21	P26	
M25	O22	P27	
N22	O23	Q19	
N23	P23	Q20	
N24	K15	Q21	
	K17	O15	
	L16	O16	
	L17	Q16	
	M16	Q17	
	N17	Q18	
	N18	R16	
	N21		
	N26		
	O18		
	O19		
	P21		
	P22		
	P24		
	P25		
	Q22		

Area-SM-20	Area-SM-40	Area-SM-60	Area-SM-80
O23	M20	J18	L15
P24	M21	J24	N14
P25	M22	K18	L11
N24	M23	K19	M13
N25	M24	K24	
N26	M25	L19	
O21	M26	L27	
O22	N22	M16	
P20	N23	M17	
P21	O19	N17	
P22	O20	N18	
P26	Q21	O16	
P27	Q22	P15	
	K20	Q16	
	K21	Q17	
	K22	R15	
	K23	R16	
	L20	K15	
	L21	K16	
	L22	K17	
	L23	L16	
	M18	L17	
	M19	L18	
	N19	M14	
	N20	M15	
	N21	N15	
	O17	N16	
	O18	O15	
	P16	P14	
	P17	Q13	
	P18	Q14	
	P19	Q15	
	P23	R14	
	Q18		
	Q19		
	Q20		

Area-CF-20	Area-CF-40	Area-CF-60	Area-CF-80
L27	M21	J18	M13
M25	M22	K17	P14
M26	M23	K18	P15
	M24	K19	P16
	N23	K20	Q14
	N24	K21	Q15
	N25	L17	Q16
	N26	L18	Q17
	J24	L19	R16
	K22	M16	Q13
	K23	M17	R14
	K24	M18	R15
	L20	N17	
	L21	N18	
	L22	O20	
	L23	O21	
	M19	O22	
	M20	P19	
	N19	P20	
	N20	P21	
	N21	P22	
	N22	P23	
	O23	P24	
	P25	Q21	
	P26	K15	
	P27	K16	
		L11	

Area-CF-20	Area-CF-40	Area-CF-60	Area-CF-80
		L15	
		L16	
		M14	
		M15	
		N14	
		N15	
		N16	
		O15	
		O16	
		O17	
		O18	
		O19	
		P17	
		P18	
		Q18	
		Q19	
		Q20	
		Q22	

Anexo H

Función de Distribución de los Despachos de Lafarge Áridos

El volumen diario despachado no es fijo, más bien se comporta aleatoriamente. El volumen que se despacha diariamente en batea o tolva tampoco es fijo. Por este motivo se considera la aleatoriedad del volumen diario y del porcentaje de éste volumen que es despachado en batea.

Se consideran datos diarios de los volúmenes despachados y por que medio (batea o tolva) desde el primero de Abril del año 2008 hasta el 3 de Diciembre del mismo año.

El volumen despachado un día sábado corresponde al 50% del volumen despachado en un día de semana, por lo cual, si se consideran 26 días de trabajo en un mes, el volumen despachado en los días de la semana (lunes a viernes) del mes corresponde a un 92% del volumen del mes.

Se determina las siguientes variables aleatorias:

- Porcentaje del volumen del mes (que es de lunes a viernes) que se despacha en un día (cualquiera de lunes a viernes) para los despachos realizados a plantas de Lafarge Hormigones.
- Porcentaje del volumen del mes (que es de lunes a viernes) que se despacha en un día (cualquiera de lunes a viernes) para los despachos realizados a Otros Clientes.
- % del Volumen del día que se despacha en Batea.

El porcentaje del volumen despachado de un día sábado se calcula como la mitad del promedio del resto de los días de la semana.

Por medio del software Stat Fit, se obtiene las distribuciones asociadas a los datos.

El primer caso a analizar corresponde al porcentaje del volumen que se despacha cada día para Lafarge Hormigones.

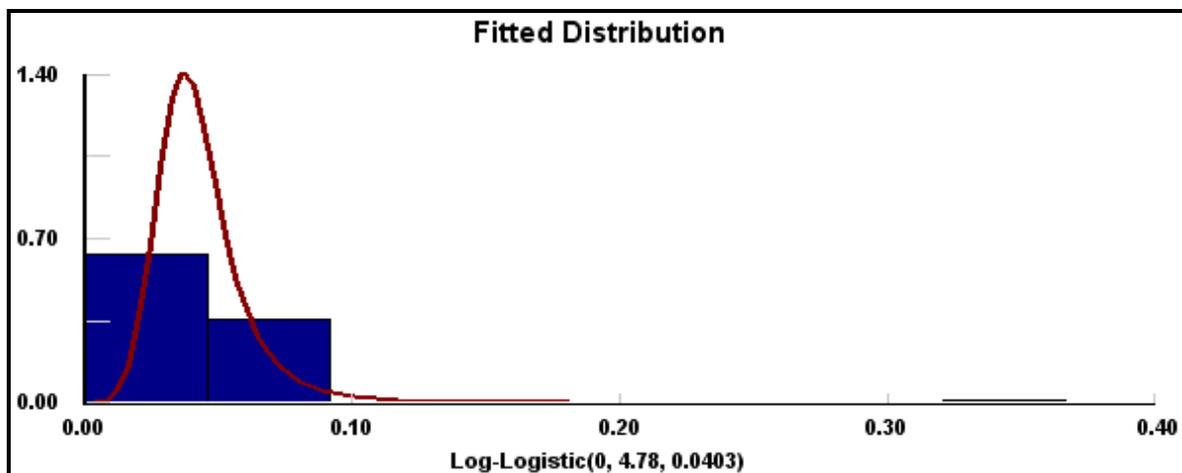
Diario Lafarge Hormigones

Auto::Fit Distributions		
distribution	rank	acceptance
Log-Logistic(0, 4.78, 0.0403)	100	reject
Beta(0, 0.366, 2.87, 20.2)	0	reject
Exponential(0, 0.0441)	0	reject
Gamma(0, 4.33, 0.0102)	0	reject
Inverse Gaussian(0, 0.149, 0.0441)	0	reject
Erlang(0, 4, 0.011)	0	reject
Lognormal(0, -3.24, 0.47)	0	reject
Uniform(0, 0.366)	0	reject
Pearson 5(0, 3.74, 0.127)	0	reject
Pearson 6(0, 0.0432, 9.86, 10.8)	0	reject
Triangular(-1, 0.375, 0.0447)	0	reject
Weibull(0, 1.52, 0.05)	0	reject
Pareto	no fit	reject

Estadísticas descriptivas, Diario Lafarge Hormigones

descriptive statistics	
data points	204
minimum	0
maximum	0.366362
mean	0.0441176
median	0.0426222
mode	0.0434915
standard deviation	0.0375436
variance	0.00140952
coefficient of variation	85.0987
skewness	6.81008
kurtosis	51.2111

Mejor Distribución, Diario Lafarge Hormigones



Caso porcentaje del volumen que se despacha cada día para Otros Clientes

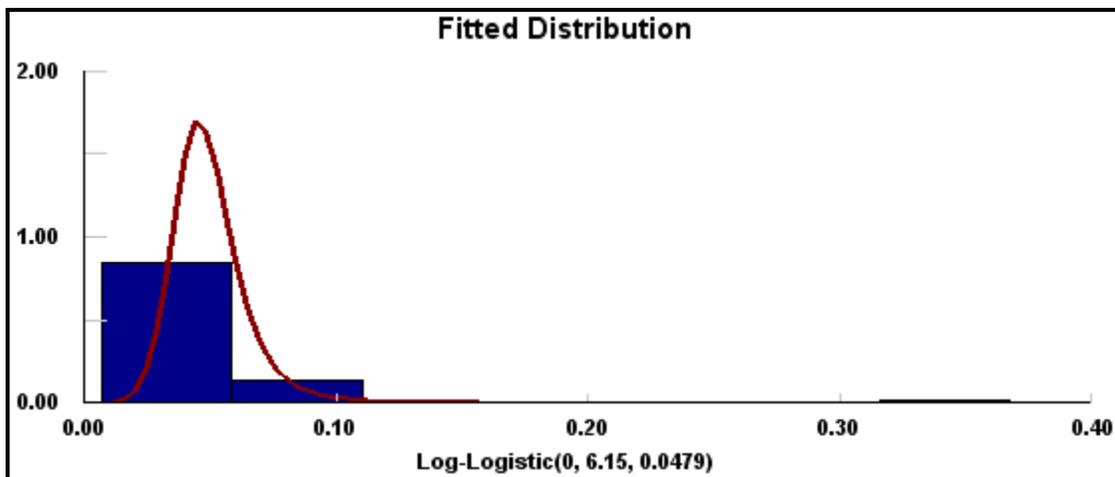
Fit Distributions, Diario Otros Clientes

distribution	rank	acceptance
Log-Logistic(0, 6.15, 0.0479)	100	accept
Lognormal(0, -3.04, 0.394)	0.000552	reject
Pearson 6(0, 0.00134, 223, 6.72)	0.000336	reject
Pearson 5(0, 6.38, 0.281)	0.000189	reject
Gamma(0, 5.08, 0.0104)	0	reject
Beta(0, 0.368, 3.33, 19.3)	0	reject
Exponential(0, 0.0529)	0	reject
Uniform(0, 0.368)	0	reject
Inverse Gaussian(0, 0.265, 0.0529)	0	reject
Erlang(0, 5, 0.0106)	0	reject
Triangular(0, 0.37, 0.0348)	0	reject
Pareto	no fit	reject

Estadísticas Descriptivas, Diario Otros Clientes

descriptive statistics	
data points	170
minimum	0.00695147
maximum	0.367674
mean	0.0529412
median	0.0480781
mode	0.0476144
standard deviation	0.0395384
variance	0.00156328
coefficient of variation	74.6836
skewness	6.47074
kurtosis	44.7561

Mejor Distribución, Diario Otros Clientes



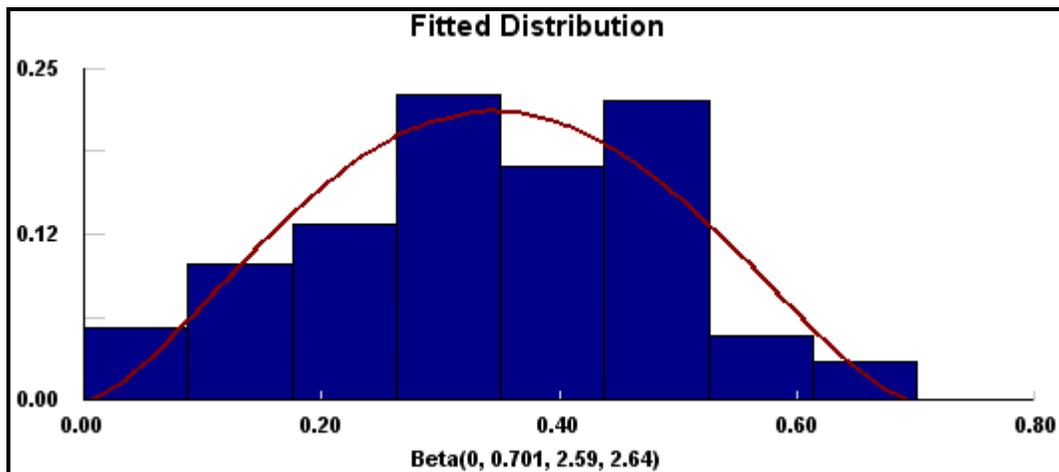
Fit Distributions, % Despacho en Batea Diario, Otros Clientes

Auto::Fit Distributions		
distribution	rank	acceptance
Beta(0, 0.701, 2.59, 2.64)	61.7	accept
Weibull(0, 2.72, 0.393)	39.2	accept
Lognormal(0, -1.16, 0.54)	0.0243	reject
Pearson 5(0, 2.59, 0.661)	0	reject
Triangular(-1, 0.718, 0.516)	0	reject
Uniform(0, 0.701)	0	reject

Estadísticas Descriptivas, % Diario en Batea Otros Clientes

descriptive statistics	
data points	204
minimum	0
maximum	0.700885
mean	0.342099
median	0.347927
mode	0.350609
standard deviation	0.149013
variance	0.0222049
coefficient of variation	43.5585
skewness	-0.229155
kurtosis	-0.415229

Mejor Distribución, Porcentaje Diario en Batea Otros Clientes



Para generar los números aleatorios que corresponden se utiliza la función que mas se ajuste a los datos.

Se debe determinar la función de distribución inversa para Log-Logistic, la función de distribución Inversa está entre las listas de funciones de Excel, está corresponde a "DISTR.BETA.INV".

La inversa de la distribución Log Logistic se calcula por medio de despejar la variable de la función de distribución acumulada, por lo cual primero es necesario integrar la función de densidad de la Log-Logistic, esto es:

$$\int \frac{p \left(\frac{x-m}{b}\right)^{p-1}}{b \left(\left(\frac{x-m}{b}\right)^p + 1\right)^2} dx = 1 - \frac{1}{\left(\frac{x-m}{b}\right)^p + 1}$$

De donde se desprende que la inversa es:

$$X = b * \left\{ \left[1 / (1 - \text{Aleatorio}(0,1)) \right]^{1/p} \right\} + m$$

En que p y b son el segundo y tercer parámetro de la función respectivamente y m es el valor mínimo.

Anexo I

Procedimiento Simulación

Se diferencia en una simulación para las plantas de Lafarge Hormigones y otra para los Otros Clientes

- **Simulación Despachos a Lafarge Hormigones**

La esencia de la simulación consta en determinar la cantidad de camiones necesarios por medio de ir probando con distintas cantidades de camiones y evaluando el valor del metro cúbico, de modo de quedarse con la cantidad de camiones que obtenga el menor valor del metro cúbico.

Procedimiento:

1. Se utiliza la proyección de Volumen mensual para el año 2009 como input. Debido a que el volumen diario es aleatorio, se realiza un ajuste para que el volumen simulado corresponda al volumen mensual proyectado.
2. La distribución de volumen de despacho desde las distintas plantas, esto es, 80% PSB, 15% CF, 5%SM. Entonces se determina el kilometraje de la vuelta promedio ponderado según volumen % del volumen a las distintas plantas.
3. El 90% del volumen proyectado va a las plantas de Lafarge Hormigones. Entonces, se calcula el volumen a despachar para este cliente.
4. El despacho se realiza sólo en bateas con capacidad de 20 metros cúbicos.
5. Cada camión puede dar 7 vueltas diarias en un día de semana (Lunes a Viernes) y 3 en un día Sábado. Se considera asegurar una cantidad de 166 vueltas a cada camión.
6. En caso de exceso de demanda, se considera que el camión puede dar una adicional en cada día por medio de extender su jornada laboral.
7. Se considera una tarifa de 32 pesos para bateas y 36,7 para tolvas.
8. El monto fijo asegurado por batea es de \$14.100, esto es, se paga el monto señalado por cada vuelta que el camión no de en el mes con respecto a las 166 comprometidas.
9. El metro cúbico kilómetro recorrido para la flota externa (o Spot) es de \$50.
10. El peaje por metro cúbico kilómetro recorrido es de \$2⁵.
11. Se debe indicar una cantidad de camiones para iniciar la simulación, a modo de ejemplo, 5 se considerará que la simulación comienza con 6 camiones. Se debe indicar la cantidad de camiones con que termina la simulación, en este caso 8. Se debe indicar la cantidad de iteraciones para cada cantidad de camiones.

⁵ Valor promedio entregado por Ricardo Navarro, Jefe del Área de Logística y Distribución.

DATOS LAFARGE HORMIGONES	
Cantidad Minima de Bateas	5
Cantidad Maxima de Bateas	8
N° Iteraciones Batea	100

12. Se modela el comportamiento de la flota considerando el la cantidad de camiones.
13. Por medio de la generación de números aleatorios y aplicando la función de distribución inversa⁶, se obtiene el porcentaje de volumen del día.

Mes	Dia del Mes	Dia Semana	% VOL del Mes en el Dia
1	1	Lunes	4,43%

14. Se realiza un ajuste que considera el volumen total del mes simulado, con el fin que el volumen mensual que se ingresa a la simulación corresponda al volumen mensual proyectado.
15. Se calcula el volumen del día correspondiente a cada planta de acuerdo a la distribución del paso 2

VOL DIA PSB	VOL DIA SM	VOL DIA CF
6927,27	432,95	1298,86

16. Se calcula la cantidad de vueltas disponibles batea dentro y fuera de horario, esto se realiza multiplicando la cantidad de camiones disponibles

<u>Viajes disponibles Batea Fija Dentro Horario</u>	<u>Viajes disponibles Batea Fija FUERA Horario</u>
343,00	49,00

17. Se determina la cantidad de vueltas que se deben efectuar desde las distintas plantas y luego la cantidad total de vueltas a realizar

⁶ La función Log-Logistic Inversa correspondiente.

Vueltas PSB por realizar	Vueltas por realizar M	Vueltas por Realizar CF	Total Vueltas por Realizar
346,36	21,65	64,94	433,00

18. Se determina la cantidad de vueltas que realiza la flota fija, en horario y fuera de horario, y la flota externa.

Vueltas Flota Fija en Horario	Vueltas Flota Fija Fuera de Horario	Vueltas que realizan Externos
343,00	10,00	0,00

19. Se calcula el costo de transporte del día

Costo Flota Fija en Horario	Costo Flota Fija Fuera Horario	Costo Flota Externa
\$ 12.073.600	\$ 352.000	\$ 0

20. Se calcula una serie de indicadores, en que lo mas importante corresponde al coto total por transporte y el kilometraje recorrido.

Mes	1	2	3	4	5	6
Viajes comprometidas a Bateas Fijas	8134	8134	8134	8134	8134	8134
Viajes Batea Total Mes	9973	9592	10674	12160	9252	9728
Cant Viajes Bateas Fijas en Horario	7890	7604	7527	7769	7293	7237
Cant Viajes Bateas Fijas Fuera Horario	864	652	1063	967	584	826
Cant Total Viajes Bateas Fija	8754	8256	8590	8736	7877	8063
Viajes no dados por Flota Fija (no cumplir compromiso)	0	0	0	0	257	71
Cantidad Total Viajes Bateas variable	1219	1336	2084	3424	1375	1665
Costo Bateas Fijas en Horario	\$ 277.743.780,00	\$ 267.676.008,00	\$ 264.965.454,00	\$ 273.484.338,00	\$ 256.728.186,00	\$ 254.756.874,00
Costo fijo asegurado	0	0	0	0	4.180.876	1.155.028
Costo Bateas Fijas Fuera Horario	\$ 30.414.528,00	\$ 22.951.704,00	\$ 37.419.726,00	\$ 34.040.334,00	\$ 20.557.968,00	\$ 29.076.852,00
Costo Bateas Variables	\$ 63.390.438,00	\$ 69.474.672,00	\$ 108.372.168,00	\$ 178.054.848,00	\$ 71.502.750,00	\$ 86.583.330,00
Costo Total Bateas	\$ 371.548.746,00	\$ 360.102.384,00	\$ 410.757.348,00	\$ 485.579.520,00	\$ 352.969.780,00	\$ 371.572.084,00
Volumen	199.460	191.840	213.480	243.200	185.040	194.560
KMS	498.650	479.600	533.700	608.000	462.600	486.400
Cubo KM	\$ 37,26	\$ 37,54	\$ 38,48	\$ 39,93	\$ 38,15	\$ 38,20

21. Se recolecta la información anual, en que el indicador mas importante es el valor del metro cúbico promedio anual.

Batea					
# Camiones	Viajes Año	M3	Viajes Flota Externa	\$/M3/KM con tag	

22. Se itera por 100 veces, almacenando en una lista los valores
23. Se calcula el valor promedio de cada indicador, y se almacena en otra lista que tiene los indicadores Promedio para cada cantidad de camiones
24. La cantidad de camiones aumenta en 1 y se vuelve al paso 13.

- **Simulación Despachos a Otros Clientes**

En este caso se desea determinar la cantidad de tolvas y bateas con las que debe contar la empresa.

Se considera la aleatoridad del volumen diario que es despachado en bateas o por medio de tolvas.

Se agrega la aleatoridad asociada al lugar de despacho. Se asume que dentro de cada Área de cada planta (recordar Area-“Planta”-“Tiempo máximo de respuesta”). Esto se realiza considerando que hay un solo despacho diario dentro de cada área⁷, y el tiempo que tarda el traslado entre la planta y el lugar de despacho es de es una variable aleatoria uniforme entre el tiempo mínimo y el máximo del área⁸.

Procedimiento:

1. Se utiliza la proyección de Volumen mensual para el año 2009
2. La distribución de volumen de despacho desde las distintas plantas, esto es, 80% PSB, 15% CF, 5%SM para la Arena, Grava y Gravilla, y es un 100% para el PSB en el resto de los productos.
3. Se considera el 100% del Volumen de la Arena, Grava y Gravilla. El 100% del resto de los productos, se considera que un 2% del volumen es retirado por los clientes desde las plantas, con esto se obtiene el volumen total a despachar.
4. Cada camión puede trabajar 11 horas diarias., por lo cual la cantidad diaria de vueltas que puede realizar es variable.
5. En caso de exceso de demanda, se considera que el camión puede dar una vuelta adicional en cada día por medio de extender su jornada laboral.
6. Se considera una tarifa de 32 pesos para bateas y 36,7 para tolvas.

⁷ Es como si se determinara una vuelta promedio ponderada por el volumen dentro de todos los despachos en el área, realizados en el día.

⁸ Por ejemplo, en el área “Area-SM-40”, el tiempo de ida del despacho puede ser cualquier número entre los 21 y 40 minutos, incluidos ambos números.

7. El costo fijo asegurado se considera como 14100 para bateas y 11340 para tolvas, por cada 1,5 horas faltantes de trabajo en el mes. El camión tiene asegurada 249 horas de trabajo (esto no considera los tiempos osciosos, solo el tiempo realizando despachos)
8. El metro cúbico kilómetro recorrido para la flota externa (o Spot) es de \$50 para bateas y de \$65 para tolvas.
9. El peaje por metro cúbico kilómetro recorrido es de \$2 para tolva y batea⁹.
10. Se debe indicar la cantidad de bateas y tolvas para inicial la simulación
11. Por medio de la generación de números aleatorios y aplicando la función de distribución inversa¹⁰, se obtiene el porcentaje de volumen del día. Del mismo modo, pero considerando otra función, se obtiene el porcentaje del volumen del día que es despachado utilizando bateas.

Mes	Dia del Mes	Dia Semana	% VOL del Mes en el Dia	% VOL del DIA en BATEA
1	1	Lunes	5,48%	39,98%
1	2	Martes	6,09%	48,86%

12. Se realiza un ajuste que considera el volumen total del mes simulado, con el fin que el volumen mensual que se ingresa a la simulación corresponda al volumen mensual proyectado.
13. Se calcula el volumen a despachar desde cada planta.

VOL DIA PSB	VOL DIA SM	VOL DIA CF
3446,561	58,31688	174,9506
3834,492	64,88078	194,6424

14. Se calcula el kilometraje y tiempo que tarda el viaje de ida considerando una variable aleatoria uniforme entre el mínimo valor posible en el área y el máximo

⁹ Valor promedio entregado por Ricardo Navarro, Jefe del Área de Logística y Distribución.

¹⁰ La función Log-Logistic Inversa correspondiente.

KMS (de manera aleatoria) en cada Area														
PSB	SB	SB	SB	SB	SM	SM	SM	SM	SM	CF	CF	CF	CF	CF
0	20	40	60	80	0	20	40	60	80	0	20	40	60	80
1	1,8	16,2	27	40,8		10,8	24	34,2	36,6		1,5	23,25	39	51,75
2	7,8	16,2	25,2	37,2		0,6	16,8	31,2	40,2		14,25	27,75	34,5	48,75

15. Se calcula el volumen dentro de cada Área para cada planta, considerando la distribución del año 2008 (tercera fila)

Metros Cubicos a Realizar de manera aleatoria) en cada Area														
PSB	SB	SB	SB	SB	SM	SM	SM	SM	SM	CF	CF	CF	CF	CF
0	20	40	60	80	0	20	40	60	80	0	20	40	60	80
	12,00%	64,00%	15,00%	9,00%		4,00%	58,00%	28,00%	10,00%		1,00%	32,00%	57,00%	10,00%
	326,08	1739,09	407,60	244,56		1,84	26,67	12,87	4,60		1,38	44,14	78,62	13,79
	308,82	1647,03	386,02	231,61		1,74	25,26	12,19	4,35		1,31	41,80	74,46	13,06

16. Se agrega la información de los anillos de las tres plantas, obteniendo para cada anillo volumen; kilómetros (promedio ponderado por volumen); tiempo (promedio ponderado por volumen); despachos a realizar (dividiendo el volumen en el promedio del día de volumen despachado).

Para Calcular la Vuelta Promedio del Dia, en KMS y MINS															
<u>Volumen</u> Anillos				<u>KMS</u> Anillos Promedios ponderado por volumen				<u>Tiempo</u> Anillos Promedios (IDA) (ponderado de acuerdo al Volumen)				<u>Despachos a realizar</u> Anillos Promedios			
20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80
432,84	2378,97	656,02	345,63	10,20	21,14	29,30	42,25	16,99	35,02	46,63	69,60	33,54	184,35	50,84	26,78
413,19	2271,01	626,25	329,94	7,19	20,79	32,21	45,25	11,97	34,52	51,37	74,56	28,80	158,30	43,65	23,00

17. Con los datos anteriores y el tiempo de carga y descarga, es posible obtener el tiempo por despacho, esto al multiplicarlo por la cantidad de despachos se obtiene el tiempo total a utilizar en los despachos, el cual debe ser dividido en Bateas y tolvas (de acuerdo al volumen que corresponde a cada tipo de despacho).

<u>Tiempo por Vuelta en Anillos Promedios del día (horas) (para cada Despacho)</u>				<u>Tiempo Total por despachos Anillos Promedios(horas) (para todos los despachos)</u>				Tiempo Bateas necesario para realizar despacho s (horas)	Tiempo Tolvas necesario para realizar despacho s (horas)
20	40	60	80	20	40	60	80		
0,87	1,44	1,81	2,54	29,22	265,89	92,01	67,96	96,30	358,78
0,71	1,43	1,96	2,69	20,52	225,82	85,56	61,97	146,43	247,43

18. Se determina el tiempo disponible (como la cantidad de bateas y tolvas multiplicadas por las horas de jornada laboral. Y el tiempo que hace falta para realizar los despachos.

Tiempo Disponible Bateas (HORAS)	Tiempo Disponible Tolvas (HORAS)	Tiempo que Falta por Cubrir Batea	Tiempo que Falta por Cubrir Tolva
165	286	0	72,7799
165	286	0	0

19. Se determina la vuelta promedio o característica del día, considerando el kilometraje promedio ponderado y el tiempo de ida promedio ponderado. Se determina la cantidad de vueltas a responder, considerando el volumen total para bateas y tolvas y dividiendo por la capacidad que corresponda. Se determina el tiempo de ciclo, con lo cual se puede tratar el resto de la simulación como vueltas (tiempo total disponible en el día / tiempo Ciclo Vuelta), así se tiene la cantidad de vueltas que realiza la flota fija y variable.

Vueltas Totales Disponibles en Batea dentro Horario	Viajes Totales Disponibles en Tolva dentro Horario	Viajes disp por Batea fuera horario	Viajes disp por Tolva fuera horario	Viajes Por Realizar para Batea	Vueltas Por Realizar para Tolva	Viajes por Flota Fija Batea en horario	Viajes por Flota Fija Tolva en horario	Viajes por Flota Fija Batea Fuera horario	Viajes por Flota Fija Tolva Fuera horario	Viajes Flota Externa Batea	Viajes Flota Externa Tolva
107,15	185,72	15	26	62,53	232,98	62,53	185,72	0,00	26,00	0,00	21,26
106,30	184,26	15	26	94,34	159,41	94,34	159,41	0,00	0,00	0,00	0,00

20. Se calcula los kilómetros recorridos (para pagar los despachos realizados en el día y se calcula las horas de funcionamiento de los camiones, para determinar a posteriori el pago por falta de horas de funcionamiento.

KMS Recorridos por Bateas Fijas	KMS Recorridos por Tolvas Fijas	Horas Funcionamiento Bateas Fijas en horario	Horas Funcionamiento Tolvas Fijas en horario	Horas Funcionamiento Bateas Fijas Fuera de horario	Horas Funcionamiento Tolvas Fijas Fuera de horario
2903,33	9829,66	96,30	286,00	0,00	40,04
4420,89	7470,19	146,43	247,43	0,00	0,00

21. Se recolecta indicadores mensuales para determinar el costo de los despachos de manera mensual, para bateas y tolvas.

Mes	1	2	3	4	5	6
Horas comprometidas a tolvas Fijas	6474	6474	6474	6474	6474	6474
Horas tolva Total Mes	4824,740229	5689,115797	5893,309727	5340,791838	5091,373818	5335,862274
Horas Viajes tolvas Fijas en Horario	4454,053969	5305,49409	5509,16594	4916,696387	4805,957414	4896,620984
Cant Horas tolvas Fijas Fuera Horario	175,1294704	164,6948804	193,1401245	74,45612027	139,7608089	216,0735751
Cant Total Horas tolvas Fija	4629,183439	5470,188971	5702,306064	4991,152507	4945,718223	5112,694559
Dados por Flota Fija (no cumplir com	1844,816561	1003,811029	771,6939356	1482,847493	1528,281777	1361,305441
Cantidad Total Horas tolvas variable	195,5567894	218,9268259	191,0036625	349,6393306	145,6555945	223,1677154
Costo tolvas Fijas en Horario	\$ 70.176.213,23	\$ 83.640.254,04	\$ 87.763.064,36	\$ 76.942.735,66	\$ 75.200.482,40	\$ 77.226.277,23
Costo fijo asegurado	\$ 15.514.907,27	\$ 8.442.050,76	\$ 6.489.946,00	\$ 12.470.747,42	\$ 12.852.849,74	\$ 11.448.578,76
Costo tolvas Fijas Fuera Horario	\$ 2.733.935,88	\$ 2.638.400,53	\$ 3.081.985,23	\$ 1.168.411,26	\$ 2.173.800,97	\$ 3.439.940,61
Costo tolvas Variables	\$ 5.015.467,34	\$ 5.740.634,48	\$ 5.033.704,49	\$ 9.156.712,31	\$ 3.688.745,13	\$ 5.820.271,59
Costo Total tolvas	\$ 93.440.523,73	\$ 100.461.339,81	\$ 102.368.700,08	\$ 99.738.606,65	\$ 93.915.878,25	\$ 97.935.068,19
Volumen	36.692	42.925	42.912	41.204	39.530	39.887
KMS recorridos	142.885	168.860	176.637	157.421	149.758	158.396
Cubo KM	\$ 50,30	\$ 45,76	\$ 44,58	\$ 48,74	\$ 48,24	\$ 47,56

22. Se recolecta la información anual para Bateas y Tolvas, en que el indicador mas importante es el valor del metro cúbico promedio anual.

Batea				
# Camiones	Viajes Año	M3	Viajes Flota Externa	\$/M3/KM con tag

Tolva				
# Camiones	Viajes Año	M3	Viajes Flota Externa	\$/M3/KM con tag

23. Se Itera 100 veces

Batea				
# Camiones	Costo Año	M3	KMS recorridos	\$/M3/KM con tag
6	871474620,9	485448,4044	1042316,524	41,79944822
7	853800200,5	489423,6613	1051066,28	40,61015015
8	830418427,1	489465,4275	1049278,636	39,56372555

Tolva				
# Camiones	Costo Año	M3	KMS recorridos	\$/M3/KM con tag
12	1333064836	519839,7463	2028437,382	50,54370911
13	1313614880	522031,7833	2037191,674	49,58670636
14	1290468463	521858,7173	2038537,302	48,68452554

24. Se calcula el promedio del indicador, para bateas y tolvas, y se almacena en dos listas en que se tiene los indicadores promedio para cada cantidad de camiones, para bateas y tolvas.

25. La cantidad de camiones aumenta en 1, para bateas y tolvas. Se vuelve al paso 10.

Anexo k

Cantidad de Iteraciones

$$N^* = ([Z_{\alpha/2} \times S]/e)^2$$

Para $Z = 1,645$ se tiene un nivel de confianza del 90%.

S para 70 valores de Tolvas de Otros clientes → $St = 0.46$

⇒ Con $N = 100$ se tiene $e = 2.2\%$

S para 100 valores de Bateas de Otros clientes → $St = 0.57$

⇒ Con $N = 100$ se tiene $e = 10\%$.

S para 100 valores de Tolvas de Otros clientes → $St = 0.376$

⇒ Con $N = 100$ se tiene $e = 7.3\%$.