



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

PROF. GUÍA: RICARDO SAN MARTÍN ZURITA

COMISIÓN: PATRICIO CONCA KEHL

MIEMBROS: LUIS ABURTO LAFOURCADE

ESTUDIO Y REDISEÑO DE LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS DE LA ASOCIACIÓN CHILENA DE SEGURIDAD

ESTUDIO Y REDISEÑO DE LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS DE LA ASOCIACIÓN CHILENA DE SEGURIDAD

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

RODRIGO ANTONIO BARRERA ROMERO

PROFESOR GUÍA:
RICARDO SAN MARTÍN ZURITA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
PATRICIO CONCA KEHL
LUIS ABURTO LAFOURCADE

SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2007

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres sin los cuales y su permanente apoyo, consejo y guía a través de toda mi etapa de estudiante, nada de esto habría sido posible. Quiero agradecer en especial su cariño y paciencia para educarme no tan solo en el ámbito académico, si no que también en el ámbito de los valores y de la vida en general.

Conjuntamente, quiero agradecer a mis hermanos que me apoyaron con su cariño, ayuda y comprensión a través de estos años de carrera que a veces impactaron en mi humor cuando las cosas no salían tal como lo quise.

Además, quisiera agradecer a las personas que me dieron su apoyo por parte de la ACHS, Eduardo Ruggieri, Alejandra Retamal y Mario Donoso, cuyo tiempo y disposición fueron de gran ayuda en el desarrollo de esta memoria.

También, agradecer a los profesores miembros de mi comisión, Ricardo San Martín, Patricio Conca y Luis Aburto por haber contribuido con sus consejos y comentarios a que este trabajo llegara a buen fin.

Gracias a Paola por su comprensión, amor y compañía entregados por todos estos años, en especial durante el último, en el cual el estrés y las complicaciones provenientes de este trabajo provocaron más de una discusión. Gracias por soportarme y cuidar de mí.

Por último, agradecer a mis amigos ya que de una u otra manera me han dado su apoyo y cariño, ya sea en el ámbito académico como en el del esparcimiento.

Índice

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	3
1.1.- INTRODUCCIÓN	3
1.2.- MARCO REFERENCIAL DE LA EMPRESA.....	4
1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.4.- OBJETIVOS	8
1.4.1.- Objetivo General:	8
1.4.2.- Objetivos Específicos:.....	8
1.5.- METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.....	9
1.5.1 Descripción de la Situación Actual	9
1.5.2.- Elaboración de Estructura de Costos.....	9
1.5.3.- Estudio de demanda por destino.....	10
1.5.4.- Estudio de alternativas de Proveedores logísticos.....	10
1.5.5.- Diseño de Modelo a Optimizar basado en la Situación actual.....	11
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL.....	12
2.1.- CONSIDERACIONES INICIALES	12
2.2.- DISTRIBUCIÓN DESDE BODEGA CENTRAL.....	12
2.3.- DISTRIBUCIÓN DESDE DROGUERÍA	16
2.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS RELEVANTES.....	18
CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DE ESTRUCTURA DE COSTOS.....	20
3.1.- CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA DE COSTOS	20
3.2.- DESCRIPCIÓN DE COSTOS BODEGA CENTRAL	21
3.3.- DESCRIPCIÓN COSTOS DROGUERÍA	23
CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE DEMANDA POR DESTINO.....	28
4.1.- RECOLECCIÓN DE DATOS	28
4.2.- MANEJO DE DATOS	28
4.2.1.- Ordenamiento de Destinos:	28
4.2.2.- Ordenamiento de Productos	29
4.3.- PRONÓSTICO DE DEMANDA POR INSUMOS	29
4.3.1.- Análisis de la demanda.....	29
4.3.2.- Conclusiones	31
CAPÍTULO 5: ESTUDIO DE ALTERNATIVA DE PROVEEDOR LOGÍSTICO DROGUERÍA	32
5.1.- MOTIVACIÓN.....	32
5.2.- ANÁLISIS REPARTO METROPOLITANO.....	32
5.3.- ANÁLISIS REPARTO REGIONAL	33
5.4.- PROPUESTA CHILEXPRESS	34
5.5.- DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS A UTILIZAR	34
5.6.- RESULTADOS OBTENIDOS	35
5.7.- COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS	36
CAPÍTULO 6: DISEÑO DE MODELO A OPTIMIZAR	38
6.1.- MODELACIÓN MATEMÁTICA.....	38

6.2.- IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE DECISIÓN:	38
6.3.- PARÁMETROS	39
6.4.- IDENTIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN OBJETIVO	40
6.5.- IDENTIFICACIÓN DE LAS RESTRICCIONES	40
6.6.- TRADUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS ANTERIORES A UN MODELO MATEMÁTICO.....	41
CAPÍTULO 7: RESOLUCIÓN DEL MODELO	43
7.2.- MANEJO DE DATOS	43
7.3.- COSTOS DE BODEGA.....	44
7.4.- COSTO DE INSATISFACCIÓN.....	44
7.5.- RELACIÓN ENTRE LOS COSTOS.....	45
7.6.- ELECCIÓN DEL NÚMERO DE MODELOS	46
CAPITULO 8: RESULTADOS.....	48
8.1.- OUTPUTS DEL MODELO	48
8.2.- RESULTADOS DEL MODELO	49
8.3.- COMPARACIÓN ECONÓMICA	53
8.4.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	55
8.4.1.- Análisis del Costo de las rutas	55
8.4.2.- Análisis del costo de insatisfacción de demanda	55
8.4.3.- Análisis del Costo de Bodegaje.....	56
CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:.....	59
ANEXOS	60

Capítulo 1: Introducción

1.1.- Introducción

Las empresas de servicios basan su fórmula de éxito en la calidad de servicio percibido por sus clientes. La calidad de servicio entregada por una empresa es medida a través de la percepción que posean los clientes de dichas empresas del servicio que es entregado.

El servicio que se entrega en empresas que tienen muchas sucursales depende de buena manera de que éstas se encuentren bien abastecidas de los insumos necesarios para que el servicio pueda ser realizado de buena manera. Es así que para una empresa que posee instalaciones a lo largo de todo el país, el abastecimiento de insumos puede tomar una relevancia mayor dada la configuración geográfica de nuestro país.

En el caso de las empresas que prestan un servicio relacionado con salud, el abastecimiento en un tiempo pertinente de insumos es un tema crucial dentro de la cadena de atención médica, convirtiendo los quiebres de stock productos algunas veces, en cuestión de vida o muerte. En el caso de la Asociación Chilena de Seguridad la distribución de insumos a sus locales es de vital importancia ya que esto significa mantener abastecidos a todos sus centros de salud repartidos en todo el país, desde Arica hasta Puerto Natales

Bajo este escenario, el problema de abastecimiento de las Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) es repartir los insumos necesarios para mantener abastecidos sus centros de salud repartidos en todo el país en el momento necesario para poder prestar los servicios de atención médica a sus clientes.

Sin embargo, este objetivo tiene ciertos matices que tienen que ver con los costos que el desplazamiento de insumos implica. Si bien la ACHS no es una empresa con fines de lucro, el manejo de los costos es fundamental y sobre todo los que no están directamente relacionados con la atención de los pacientes. Es así, que los encargados de esta sección de la empresa se encuentran en la permanente encrucijada del trade off entre la calidad de servicio y los costos asociados.

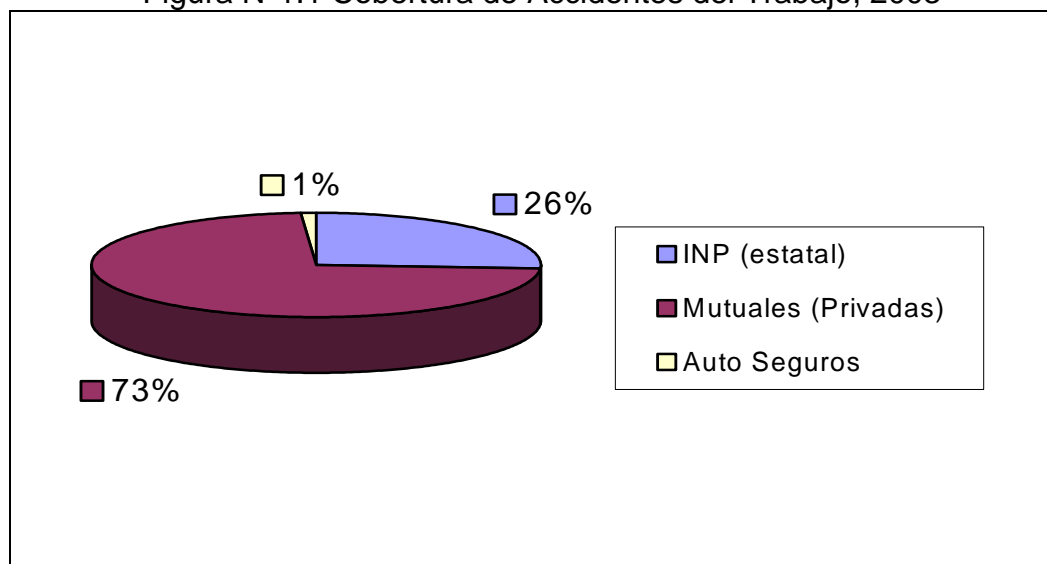
Por todas estas razones, la preocupación central de este trabajo es encontrar el mejor equilibrio entre entregar una calidad de servicio adecuada para un sistema de salud extendido por todo el país y una estructura de costos que sea conveniente para la empresa.

1.2.- Marco Referencial de la Empresa

La Asociación Chilena de Seguridad es una corporación de carácter mutual que administra el seguro social contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales de los trabajadores de sus empresas adherentes, de acuerdo a las disposiciones contempladas en la Ley N°16.744, concediéndose la Personalidad Jurídica por Decreto N°3.209 de fecha 26 de junio de 1958, encontrándose fiscalizada por la Superintendencia de Seguridad Social.

La ACHS se encuentra inserta en el ámbito de la Seguridad Social presente en nuestro país la cual es conformada por dos tipos de instituciones: las estatales y las privadas. Frente a las distintas necesidades de las personas, distintas instituciones, tanto privadas como estatales, se encargan de atenderlas. Es así que en lo que se trata de enfermedades comunes son tanto FONASA (en el ámbito estatal) como las ISAPRES (en el ámbito privado) las encargadas de atender estas necesidades. Por otros lados, a lo que se refiere las pensiones de vejez, los encargados de atender a las personas son el instituto de Normalización Previsional (INP), por parte del sector estatal, y las Administradoras de Fondos de Pensión (AFP) por parte del sector privado. En todo lo que se relaciona con accidentes del trabajo, los encargados de atender a los trabajadores que sufren algún tipo de accidentes son las Mutuales, pertenecientes al sector privado, y el INP, ya anteriormente referido al sector estatal. Hay que señalar también que los trabajadores pueden contratar un seguro por cuenta propia para cubrir sus necesidades de cobertura pero no supera el 1% del total de los trabajadores.

Figura N°1.1 Cobertura de Accidentes del Trabajo, 2003



Fuente: Documentos de Inducción 2004, entregado por la empresa.

Dentro de las mutuales privadas, la ACHS es la que posee una mayor participación de mercado, teniendo como afiliados cerca del 52% de los trabajadores

protegidos, alcanzando el número de 1.455.498 trabajadores promedio mensual dentro de un universo de 2.934.000 trabajadores que están protegidos por mutuales privadas, compartiendo el mercado con la Mutual de Seguridad, la cual posee un 34% del mercado, y el Instituto de Seguridad del Trabajo, que posee un 14%.

Para dar la atención de salud apropiado a todos estos trabajadores, la Asociación Chilena de Seguridad posee una gran red de centros de atención de Salud, entre los que se contemplan:

- 4 Hospitales Propios.
- 2 Hoseg (Hospitales compartidos con la Mutual de Seguridad).
- 15 Clínicas.
- 90 Policlínicos (entre los cuales se cuentan 18 en la región Metropolitana).

1.2.- Justificación del Problema

En la Asociación Chilena de Seguridad existe una estructura de Distribución que funciona y que por este mismo hecho, no ha sido cuestionada mayormente por los encargados de ésta. Se ha realizado a través de los mismos operadores logísticos, las mismas rutas y los mismos itinerarios que se ha hecho, por lo menos, los últimos diez años.

Es por esto que, debido a la inquietud del jefe del Departamento de Abastecimiento, este trabajo se enfocará en esta área, partiendo con un conocimiento y estudio detallado de los procesos involucrados en este.

De acuerdo con la información hasta ahora recolectada, se puede confirmar que si bien la calidad de servicio ofrecida por la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) se estima como buena, el control de costos es, en este momento, inexistente. Si bien se han hecho esfuerzos por bajar los costos de Distribución de los insumos de los distintos centros de atención de la ACHS, estos cambios apenas se pueden evaluar dado el nulo conocimiento de la estructura de costos para esta división. La dificultad para medir mejoras individuales en Distribución hace imposible medir con objetividad cualquier efecto de alguna mejora en el sistema de distribución. Es por esto que una primera aproximación al problema se debe realizar un estudio de los procesos actuales involucrados en la Distribución para luego construir la estructura de costos, para cada regional y centro médico, correspondiente al ítem de la distribución de Insumos (tanto clínicos como de oficina, o incluso medicamentos).

En estos momentos, la distribución está en manos de un grupo pequeño de subcontratistas los cuales han sido elegidos por los años que llevan trabajando con la empresa y no por una evaluación de costos con respecto al mercado. En realidad el único factor que ha importado es la trayectoria de los subcontratistas con la ACHS, sin ni siquiera mediar una evaluación de la calidad de servicio, ni los niveles de ocupación de los transportes utilizados.

Realizando una simple inspección visual, se pudo constatar que los transportes no abandonan Bodega Central con su capacidad totalmente ocupada, además que el hecho de que los medios de distribución no estén centralizados en pocas empresas de transporte (como lo es en el caso del transporte de medicamentos desde la Droguería), no permite un adecuado control.

En estos momentos, el dato más cercano a un control de costos de Distribución es la cuenta "Fletes" en la que no sólo se contemplan los costos de distribución de productos sino que también incluye cosas como traslado de cualquier otro ítem que no sean insumos. En esta cuenta, el costo anual incluyendo a todos los centros de costos asciende a un total de \$195.938.058.

Teniendo en cuenta los anteriores argumentos, el estudio que se presenta a continuación se justifica principalmente, por los siguientes puntos:

1. No existe un adecuado estudio de los Procesos de distribución por parte del personal encargado de la administración de a Distribución.
2. No existe una estructura de costos de Distribución de Insumos a los distintos centros de salud.
3. Los costos no se encuentran centralizados en una sola unidad de la empresa, lo que hace imposible un estudio de éstos.
4. No existe un adecuado control sobre las empresas transportistas contratadas.

El principal problema de tener una estructura de costos de Distribución desconocida es el costo de oportunidad del dinero que estaría mal utilizado en esta actividad de apoyo, el cual podría ser utilizado en actividades primarias, como sería en el caso de la ACHS la atención de salud.

1.4.- Objetivos

1.4.1.- Objetivo General:

“Minimizar los costos de Transporte de la cadena de Distribución teniendo presente los costos de existencia por regional manteniendo el nivel de servicio actual”

1.4.2.- Objetivos Específicos:

- Analizar de los Procesos de Distribución (desde Bodega Central y Droguería). Esto se realizará mediante un levantamiento de los procesos relevantes para la distribución de los insumos dentro del marco de la situación actual.
- Levantar una estructura de costos de Distribución en cuanto se refiere a rutas, capacidades, existencias y frecuencias de viaje.
- Evaluar, a partir de la estructura de costos encontrada, la posibilidad de cambio de operador logístico para los procesos en los cuales sea más conveniente.
- Optimizar modelo actual de Distribución, tomando en cuenta sólo los recursos existentes de proveedores logísticos y destinos que actualmente se abastecen directamente.
- Optimizar un proceso libre, que no tome en cuenta los contratos actuales pero si los destinos actuales con el fin de ser comparado con alguna alternativa de externalización.

1.5.- Metodología y Plan de Trabajo

La metodología del presente estudio, se divide en diferentes etapas, las cuales a su vez, están constituidas por diversas actividades. En líneas generales, la metodología del siguiente trabajo es, a partir de una buena descripción de la situación actual de los procesos de reparto de insumos de la empresa, encontrar la mejor estrategia para minimizar los costos (ya sea el cambio de proveedor logístico o la optimización de los recursos actuales con los que cuenta la empresa. Para esto, se realizará un diagnóstico general q se dividirá en 3 partes: estudio de los procesos relevantes, construcción y estudio de la estructura de costos y estudio de la demanda de insumos por destinos.

1.5.1 Descripción de la Situación Actual

En este punto se comenzará con el levantamiento de los procesos relevantes para el estudio del sistema de distribución. Se dividirá el estudio en tres principales puntos los cuales son

- Estudio de reparto desde la Bodega Central tanto a regiones como a las centros de salud ubicados en la Región Metropolitana.
- Estudio del reparto desde la Droguería tanto a las regionales, como a los destinos dentro de la Región Metropolitana
- Estudio del control de Existencias en Bodega Central y el tipo de bodegas que pudieran existir en regionales.

1.5.2.- Elaboración de Estructura de Costos

En este punto se procederá de la siguiente manera:

- Se recolectará la información relevante desde las facturas de la Bodega Central.
- Se procederá al estudio de las diferentes rutas existentes y sus correspondientes tarifas desde la Bodega Central.
- Descripción de cotos en cuanto a cuales son de carácter fijo y cuales variables. Además de los criterios de variabilidad de dichos costos.
- Se estudiarán las facturas y comprobantes de pagos de la Droguería.

- Se procederá a estudiar las distintas formas de transportar medicamentos desde la Droguería hacia las distintas bodegas farmacéuticas, como también los costos asociados a cada variante de envío.
- Descripción de costos de la distribución desde la Droguería en cuanto a que valores son fijos y cuales variables, identificando los factores de variabilidad relevantes.

1.5.3.- Estudio de demanda por destino

Si bien en estricto rigor en un sistema de Distribución no se puede hablar de una demanda por productos en el sentido tradicional de la palabra, si se puede hablar de una descripción de los pedidos realizados por los centros de salud de la ACHS, lo que se realizará de la siguiente manera:

- Recolección de datos y estudio de ellos. Esto se tomará como un punto separado dadas las difíciles condiciones en las cuales se trabajará en la recolección de datos debido al nuevo sistema computacional existente en la empresa.
- Construcción de un modelo que pueda adelantarse a los pedidos de los centros de salud con el objeto de poder adelantar algunos pedidos antes de que se realicen.

1.5.4.- Estudio de alternativas de Proveedores logísticos

Este estudio se realizará enfocado principalmente es el caso de la Droguería ya que esta bodega presenta un manejo especial para sus productos (son sólo medicamentos). Se realizará de la siguiente manera:

- Elección del proveedor que entregue una mayor ventaja para la empresa para realizar el estudio.
- Estudio de las tarifas relevantes para los requerimientos de la empresa.
- Estudio de las variables relevantes, en cuanto a valor final y a variabilidad.
- Simulación de un escenario realista con nuevo proveedor.
- Comparación de resultados y situación actual

1.5.5.- Diseño de Modelo a Optimizar basado en la Situación actual

En este punto se procederá de la siguiente manera:

- Reconocer las variables de decisión relevantes para la optimización del modelo sujeto a restricciones de la situación actual de contratos con proveedores logísticos, lugares de destinos, itinerarios, etc.
- Construcción de la función objetivo y de las restricciones para la resolución del problemas
- Calibración de parámetros del problema para que se ajusten a la realidad y no comprometan el tiempo de resolución del problema.
- Resolución del modelo antes descrito. Esto se realizará comenzando con la elección de la herramienta computacional más apropiada para resolver el problema.
- Estudio de los resultados obtenidos con el modelo.

Capítulo 2: Descripción de Situación Actual

2.1.- Consideraciones iniciales

La Asociación Chilena de Seguridad posee cuatro bodegas centrales en ubicadas en Santiago las cuales reparten a todo el país distintos tipos de productos. Estas son:

- Bodega Central
- Droguería
- Bodega de Documentos tributarios
- Bodega de Capacitación.

Sin embargo, el volumen de artículos transportados desde cada una de las bodegas antes mencionadas es bastante desigual, concentrando el 95% de los envíos entre la Bodega Central y la Droguería.

Por este motivo, y dadas las simplificaciones que se pueden realizar, que el estudio que se realizará se enfocará tomando en cuenta como origen de los envíos estas dos bodegas.

2.2.- Distribución desde Bodega Central

La Bodega Central está ubicada en Departamental 480 en la comuna de San Joaquín, Región Metropolitana y posee un tamaño total de 2908 metros cuadrados.

Los productos que se almacenan en Bodega Central (que son distribuidos a todos los centros de salud ubicados por todo el país) son muy variados, entre los que se pueden encontrar artículos de oficina, útiles de aseo y limpieza, formularios, ropa, material clínico (desde algodón hasta jeringas), etc.

Sin embargo, el volumen de los pedidos por destino resulta no ser de un tamaño considerable, si no que más bien son pequeñas cargas. La excepción es cuando se está abriendo un nuevo centro de atención y se debe trasladar artículos como escritorios, sillas, etc.

El hecho de que para cada destino las cargas a distribuir sean pequeñas, impide que un solo gran operador logístico se encargue de todo por el escaso volumen que representaría para éste llevar a cada destino un volumen pequeño.

Es así que la solución que se implantó fue la de subcontratar un grupo de pequeños operadores logísticos que realizaran el transporte, ya sea dentro de la región Metropolitana o hacia regiones hasta algunos puntos establecidos. Además, se instauró un sistema de envío de encomiendas más pequeñas, las cuales se envían por pagar a través de empresas de buses.

Los operadores logísticos con los que se trabaja son:

- Castillos: Encargado de la Distribución dentro de la Región Metropolitana, además de llevar algunos pedidos que se envían por bus.
- Saavedra: encargado del reparto específico a la casa central, además de tener el reparto de algunas rutas del sur.
- Transac: encargada de la ruta del Norte y algunas rutas del sur.

Las rutas que estos transportistas recorren están divididas en 8 más las rutas para abastecer a las agencias metropolitanas más centrales, las que se detallan a continuación:

1. Sur Corto: esta ruta se realiza cada dos semanas y el despacho es el día miércoles de la semana correspondiente. Los pedidos se pueden realizar hasta el día miércoles de la semana anterior al despacho. El envío es realizado a través de camión ya sea por la empresa Saavedra o la empresa Transac. Las ciudades que comprenden esta ruta son:

- Curicó
- Talca
- Linares
- San Javier
- Chillán
- Los Ángeles
- Temuco
- Valdivia
- La Unión

- Osorno
 - Puerto Montt.
2. Sur Largo: esta ruta no es realizada en su mayor parte por los transportistas antes mencionado, sino que uno de ellos es el encargado de trasportar los insumos al Terminal de Buses correspondiente para que éstos lleven los paquetes hasta su destino. El despacho es semanal en los días viernes y el pedido se puede realizar hasta el día martes. Las ciudades que la componen son:
- Castro
 - Coyhaique
 - Punta Arenas.
3. Norte Corto: esta ruta es realizada cada dos semanas y el despacho es el miércoles de la semana correspondiente. La fecha límite para realizar el pedido es el día miércoles de la semana anterior al despacho. Hay que considerar que el calendario de despacho es tal que no se topan el despacho de Norte Corto con el del Sur Corto. El despacho se realiza por camión a través del contratista Transac y las ciudades que la componen son:
- La Serena
 - Vallenar
 - Copiapó
 - Antofagasta
 - Calama
4. Norte Largo: esta ruta, al igual que Sur Largo es realizada de forma semanal y es realizada a través de buses, luego de que la carga les fue entregada por uno de los contratistas antes mencionados. LA fecha de pedido, sin embargo, es el día miércoles de la semana de despacho. Las ciudades que componen esta ruta son:
- Arica
 - Iquique

5. Regional Valparaíso, Zonal Aconcagua: Esta ruta tiene como origen la alejada ubicación de las ciudades que la componen a cualquier ruta que se dirija hacia al norte. Es por esto que la ruta de la Zonal de Aconcagua es una completamente distinta a la de Norte Corto, por ejemplo. Esta ruta es de carácter quincenal y se maneja del mismo modo que una Agencia de Santiago. Es así que el medio para transportar los pedidos es mediante camionetas y no buses o camiones como las otras rutas a regionales. La fecha límite de pedido a considerar es el envío es el día miércoles de la semana anterior al mismo. Sin embargo la fecha de despacho difiere si dependiendo de la ruta que se quiera tomar. Así la ruta que comprende las ciudades de

- Viña del Mar,
- Valparaíso,
- Quilpue
- y Curacaví

Es despachada el día lunes siguiente a la fecha tope del pedido, mientras que la ruta que comprende las ciudades de San Felipe y Los Andes lo es el día martes.

6. Metropolitana Occidental: Este es un caso especial de ruta pues se incluye en la de Norte Corto. Este ruta es incluida una vez al mes (esto es uno de cada dos viajes incluye las ciudades) y se ha pensado así pues el volumen a distribuir a estas ciudades no justifica un viaje tan frecuente a esa zona. Las ciudades que conformas esta modificación de la ruta son:

- Calera
- La Ligua
- Cabildo

7. Rancagua –Concepción: esta ruta es realizada dos veces al mes y el transporte a utilizar por camión a través del contratista Saavedra. El día de despacho es el miércoles, mientras que el día tope para realizar los pedidos es el día miércoles de la semana anterior.

8. Agencias Talagante-Peñaflor- Melipilla-San Antonio: a diferencia de las demás agencias metropolitanas, esta ruta es realizada sólo una vez al mes mediante Vans de la empresa Castillo, cuyo despacho es el día viernes siendo el viernes anterior la fecha tope para el pedido.

Con respecto a las rutas seguidas para abastecer a las Agencias Metropolitanas centrales, éstas son realizadas en Vans por el operador logístico Castillo semanalmente y el calendario es el siguiente:

- Santiago Centro, Alameda, Maipú, San Miguel: el día tope de pedido es el miércoles, mientras que el de despacho es el lunes.
- San Bernardo, Puente Alto, La Florida, Buin y Paine: el día tope de pedido es el jueves, mientras que el de despacho es el martes.
- Parque las Américas Colina, Vespucio Oeste y Quilicura: el día tope de pedido es el viernes, mientras que el de despacho es el miércoles
- Egaña, La Reina y Las Condes: el día tope de pedido es el lunes, mientras que el de despacho es el jueves.

Las Tarifas que poseen los Operadores logísticos están acordadas con el jefe de Bodega de la ACHS y aprobadas por el gerente de Administración y Finanzas. Cabe destacar que en el caso de los viajes a regionales, se cancela solo el viaje más largo y, solo en el caso de que el camión deba salirse de la ruta preestablecida y entrar una distancia muy grande a alguna ciudad más pequeña, se paga una diferencia la que de ninguna manera será igual a la tarifa si es que el camión solo fuera a esa ciudad. El listado y tablas de tarifas para la Bodega Central se encuentran en el anexo A.

Por otro lado, cualquier pedido que se califique como de suma urgencia, se envía a través de una modalidad totalmente distinta y con recargo total para el destino. Sin embargo, esos casos especiales no serán incluidos en este estudio.

2.3.- Distribución desde Droguería

Una droguería es una bodega en la cual solo se almacenan medicamentos y, por este motivo, debe poseer condiciones especiales de temperatura y humedad para que los medicamentos no se deterioren. La Droguería de la ACHS se encuentra ubicada en Vicuña Mackenna 186, comuna de Providencia, Región Metropolitana, y es el lugar donde se almacenan los medicamentos que serán distribuidos por todo el país.

A diferencia de la Bodega central, la cual reparte a todo tipo de instituciones (de salud y administrativas), la Droguería sólo reparte a los establecimientos de salud que a su vez pueden ser divididos en 2 tipos:

- Botiquines: bodega de medicamentos de tamaño medio que está a cargo técnicamente de un médico, pero en manos de una enfermera o auxiliar de enfermería.

- Farmacias: bodega de medicamentos de gran tamaño y que está a cargo de un químico farmacéutico.

Todos estos establecimientos deben poseer características especiales para la conservación en buen estado de los medicamentos ya que algunos de ellos necesitan incluso refrigeración. Es importante saber, además, que estos establecimientos deben estar certificados por el ministerio de salud.

Además, y por seguridad de los medicamentos que se transporta, se exige que el tiempo de entrega desde que sale de la Droguería y llega a su destino, debe ser menor a un día. Es así que el procedimiento para el pedido de medicamentos es distinto al caso de la Bodega Central, siendo la principal diferencia que los despachos se concretan, dependiendo de la disponibilidad y algunos procedimientos internos, entre tres o cuatro días desde el momento de la recepción del pedido.

Existen principalmente 3 formas de distribución de los medicamentos:

1. Reparto a Agencias metropolitanas: este reparto se realiza mediante el mismo operador que distribuye en la Bodega Central (Castillo) y se cancela por bulto cargado y por grupo de destinos. Así, por ejemplo, se cancela un monto fijo por visitar las agencias de Quilicura, Vespucio Oeste y Colina para luego cargar a cada agencia el monto proporcional a la cantidad de bultos entregados con respecto a la cantidad total. Esto a diferencia de la manera en que usualmente se cobra en este rubro (que es una relación entre los kilómetros a recorrer y los kilos a transportar).
2. Reparto a través de ChilExpress: este sistema es contratado por los destinos y en este caso los medicamentos son retirados en la Droguería y son llevados directamente al destino. Se cuenta con un convenio del 25% de descuento de las tarifas normales y los siguientes destinos están afiliados:
 - VIII Región.
 - VI Región
 - III Región (Copiapó)
3. Reparto a otras Regionales: salvo los destinos descritos en el punto anterior, las otras regionales siguen el siguiente procedimiento: los bultos son transportados al Terminal de buses con el cual la regional de destino tenga contrato (o de mayor conveniencia para él), el cual entrégale bulto a domicilio en el destino o es retirado en las oficinas de la empresa de buses según corresponda. Para transportar los medicamentos hasta el Terminal de buses escogido por el destino, se utiliza el mismo operador que para el reparto dentro de la región Metropolitana (Castillo), el cual en este caso, cobra por bulto transportado. Las empresas de buses relacionadas a esta distribución son:

- Pullman
- Turbus
- Cruz del Sur
- Biotal (que solo reparte a Talca)

En el caso de los destinos más lejanos y aislados, como es el caso de Arica o Puerto Natales, el traslado se hace por medio de LAN.

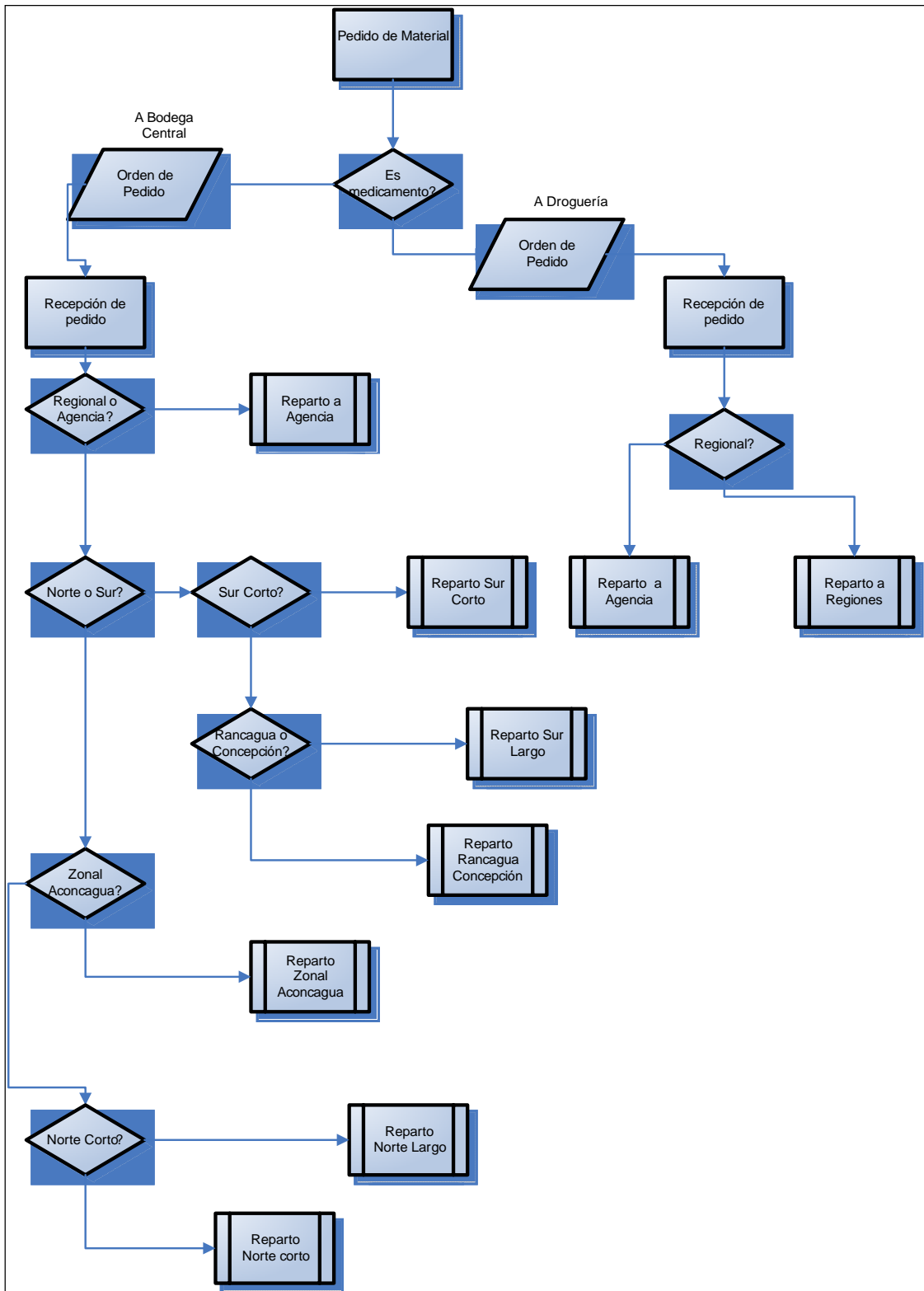
2.4.- Descripción de los Procesos Relevantes

Para lograr un mayor entendimiento de los procesos macro que se ven involucrados en la distribución de insumos en la ACHS, se realizaron flujogramas y una descripción de ellos.

Flujograma General:

- 1) Se efectúa el Pedido de Material
- 2) Si es Medicamento, el pedido es enviado a la Droguería, mientras que si no lo es, es enviado a la Bodega Central.
- 3) En la Droguería se decepciona el Pedido, luego, si el pedido viene de parte de una regional, se ingresa al Procedimiento de Reparto en Regiones. Si no es el caso, se ingresa al reparto hacia las agencias.
- 4) En la Bodega Central se recibe la orden de pedido, luego si el pedido viene desde una de las agencias metropolitanas centrales, se pasa al procedimiento de reparto a las agencias. Si no, pasa al siguiente nodo.
- 5) Luego se verifica si el pedido es enviado al norte o sur. Si el pedido procede de alguna de las ciudades pertenecientes a la ruta Sur Corto, se pasa a ese Procedimiento. Si no, se pregunta si es a Rancagua o Concepción. Si es así se pasa al procedimiento de envío a esas ciudades y si no, se pasa al de Reparto Sur Largo.
- 6) Si el pedido iba al norte, se pregunta primero si es que las ciudades del pedido pertenece a la ruta Zonal Aconcagua. Si es así, se pasa al procedimiento Reparto Zonal Aconcagua. Si no, se pregunta si es que pertenece a la ruta norte corto, si es así se pasa al procedimiento de Norte corto y si no, se pasa al de Norte Largo.

Figura N°2.1 Flujoograma General De Distribución



Fuente: Elaboración propia

Capítulo 3: Elaboración de Estructura de Costos.

3.1.- Construcción de estructura de costos

Para confeccionar la estructura de costos se pretende utilizar información recavada desde distintas fuentes:

- Fuente contable: analizar y agrupar la cuenta fletes, que contiene el costo total de distribución desde la Bodega Central y Droguería, pero que además contiene otros cargos como lo son el traslado de productos no necesariamente insumos, entre regionales.
- Fuente empírica: se pretende estudiar las facturas entregadas por la Bodega Central y la Droguería en cuanto se refiere a traslado directo en algunos casos, y el acercamiento a terminales en otros. Sin embargo, este costo no incluyen los costos en los envíos por pagar que no son pocos.
- Información que se pueda conseguir desde las regionales: esta fuente de información tiene una dificultad elevada de recolección debido al gran número de personas a contactar.

Trabajando con los datos entregados por la Gerencia de Administración y Finanzas referente a la cuenta "Fletes", se procedió a un estudio de ella para luego realizar una agregación por lugar y centro de costos, con lo que se pudo obtener un costo mensual por lugar.

Posteriormente se ingresaron los datos de las facturas de la Bodega Central a una base de datos por factura, las cuales poseían en cada una de ellas los cargos a cada uno de los centros de costos, por lo que se tuvo que juntar los datos por destino y por Agencia.

Se analizó un periodo de 10 meses que iban desde Enero del 2005 hasta Octubre del mismo año, teniendo un lapso de tiempo lo suficientemente amplio como para lograr un estudio adecuado.

Según lo estudiado, existe una diferencia de \$6.714.913 mensuales, lo que indica que el costo asociado a la cuenta "Fletes" tiene asociada otros cargos que no están directamente relacionados con el traslado desde la Bodega Central hacia el centro de costo correspondiente, por lo que no sería el costo de situación actual a comparar las mejoras que se pudieran obtener.

Las rutas que existen desde la bodega central están detalladas en el punto anterior de este trabajo y las tarifas se presentan en el anexo A.

Como se puede apreciar dicho anexo, existe una diferenciación por destino, por tamaño del transporte y por si se lleva una carga consolidada o sólo se lleva carga a ese destino.

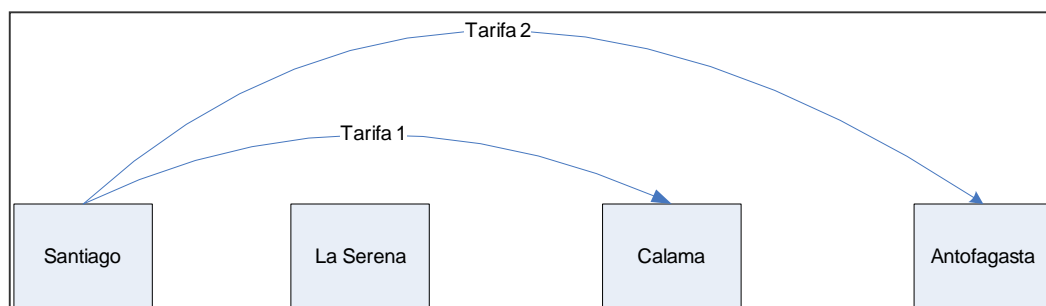
3.2.- Descripción de Costos Bodega Central

Dependiendo de cual sea la alternativa de despacho que se utilice, la estructura de costo será distinta.

En el caso de la Ruta de Norte o Sur Corta, como se le ha denominado, se tiene un costo fijo por destino final. Esto significa que el transporte repartirá a las ciudades que se encuentren antes del destino final y la tarifa a cobrar será la correspondiente a dicho destino. Se puede ver, entonces, que existe un costo que no es variable con respecto al peso o cantidad de productos que se transportan, sino que es fija en ese aspecto. Por otro lado, para realizar la asignación a cada centro de costo, ésta se calcula como una proporción de la tarifa final que está determinada por el valor de los productos transportados y por la distancia recorrida por el transporte.

$$\text{Costo} = \text{Costo fijo por destino final}$$

Figura N°3.1 Ejemplo Distribución Ruta Norte Corto

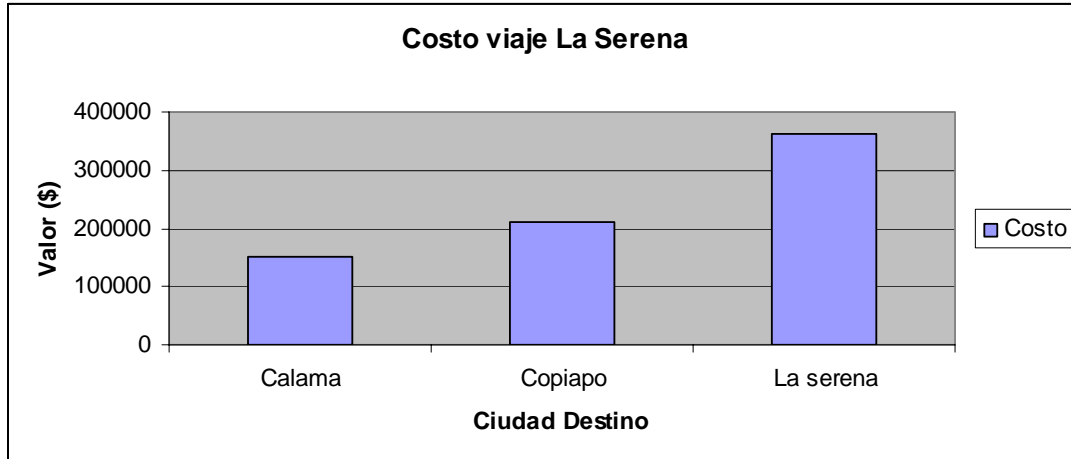


Fuente: Elaboración Propia

Este modelo de distribución posee el problema que el transportar una misma carga a un mismo destino, puede costar un monto distinto si es que varía el destino final del viaje.

Se puede ver el ejemplo de La Serena, la que posee distintos valores dependiendo cual es la ciudad destino del viaje.

Gráfico N°3.1 Costos De distribución a La Serena según destino Final



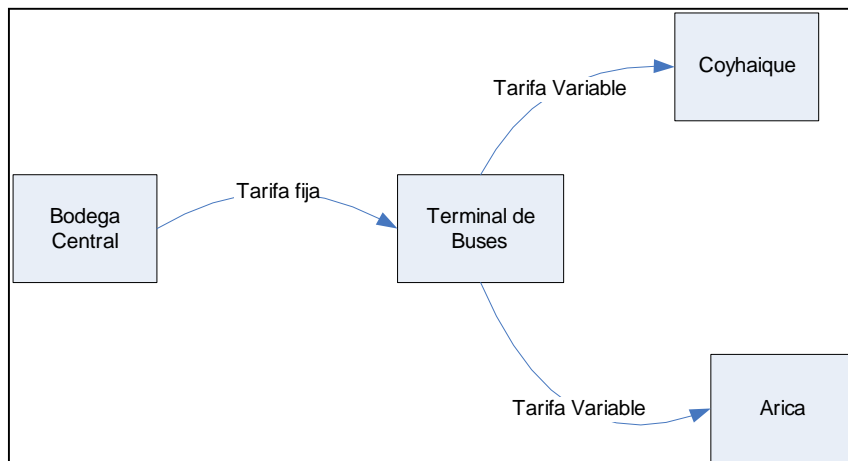
Fuente: Elaboración Propia

En lo que se refiere a las rutas denominadas Norte Largo y Sur Largo, el envío se hace en dos partes, siendo la primera un acercamiento del pedido a los terminales de las empresas de buses que serán las encargadas de despacharlas a sus respectivos destinos.

De este modo, el costo tiene dos componentes: una fija que es el despacho de la empresa contratista desde la Bodega Central (la cual se adjunta en el anexo A) más una tarifa variable según el peso del envío que pertenece a la empresa de buses. Esta última tarifa difiere entre la empresa de buses elegida y el destino del envío.

$$\text{Costo} = \text{Acercamiento} + \text{Empresa de buses}$$

Figura N°3.2 Ejemplo Distribución Ruta Larga



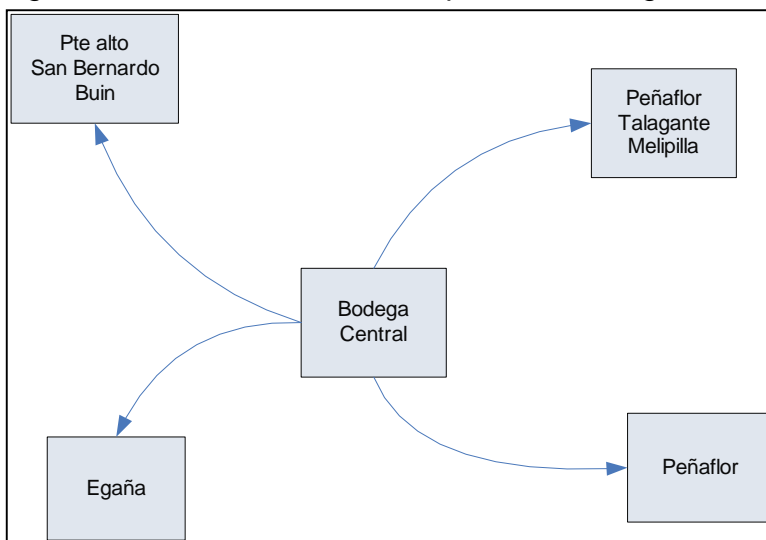
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar, al ser la tarifa fija en el acercamiento, se cancela el mismo valor si es que se transporta un objeto que si se transporta el camión lleno. Es así que se puede producir una ineficiencia al no ocupar al máximo la capacidad del camión.

Por último, se encuentra el transporte dentro de la región Metropolitana, el cual se aborda con el uso de un operador logístico el cual posee tarifas fijas dependiendo del lugar al cual se dirijan. Existen dos tarifas para cada uno de los destinos en la región Metropolitana, una para un despacho directo a dicho destino y otra para “carga consolidada” la cual indica que se juntan dos o más destinos de los que se encuentran en las rutas que se describieron en el título anterior.

$$\text{Costo} = \text{Costo por carga consolidada} \\ \text{o Costo envío directo}$$

Figura N°3.3 Distribución Metropolitana Bodega Central



Fuente: Elaboración Propia

Con este tipo de tarifa fija se produce el mismo problema que en el caso anterior en que el costo por llevar un producto, resulta igual al de llevar el camión lleno.

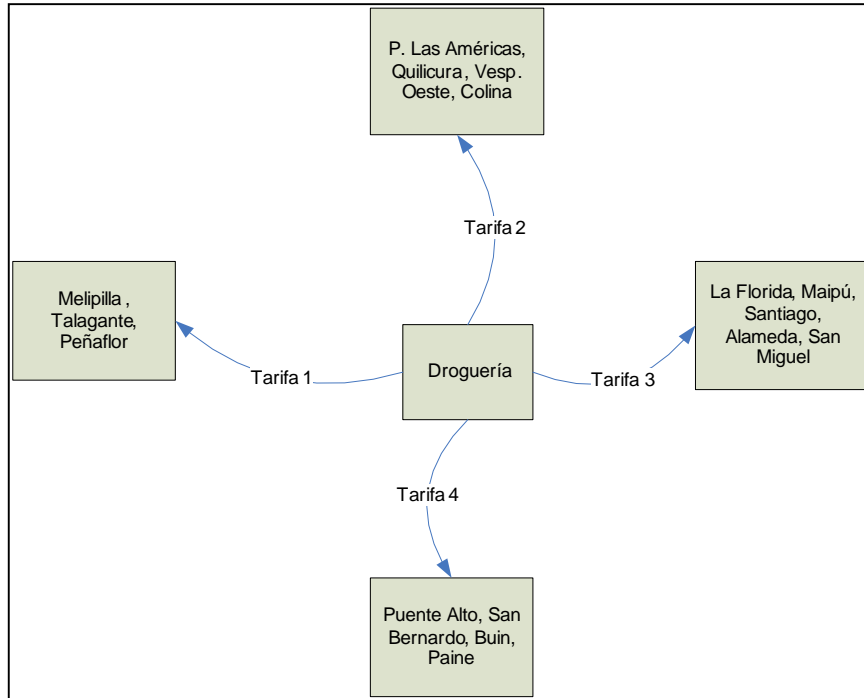
3.3.- Descripción Costos Droguería

Al igual que en el caso de la Bodega Central, la estructura de costos que posee la Droguería depende de cual sea la alternativa elegida para transportar los pedidos a sus destinos, la cual está en directa relación con cual es el destino a despachar.

En el caso del reparto Metropolitana, éste se realiza de la misma manera y con el mismo operador logístico que en el caso de la Bodega Central, por lo que las tarifas se componen de la misma manera: tarifa fija por destino y una tarifa fija distinta si es que se consolida la carga por un grupo de Agencias.

$$\text{Costo} = \text{Costo fijo por grupo}$$

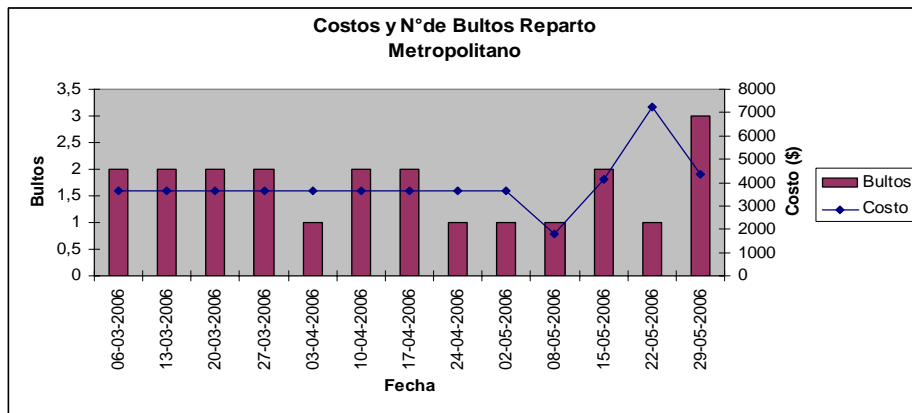
Figura N°3.4 Distribución Metropolitana Droguería



Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente gráfico, se puede apreciar de mejor manera el problema existente con este tipo de tarifado: al no depender de cuanto se transporte y poseer una tarifa fija por grupo de Agencias, ocurre que al transportar distintos número de bultos, el costo sea el mismo o que, por ejemplo, al transportar una cantidad menos de bultos el costo pueda subir:

Gráfico N°3.2 Costo y Bultos por viaje, Distribución Metropolitana Droguería



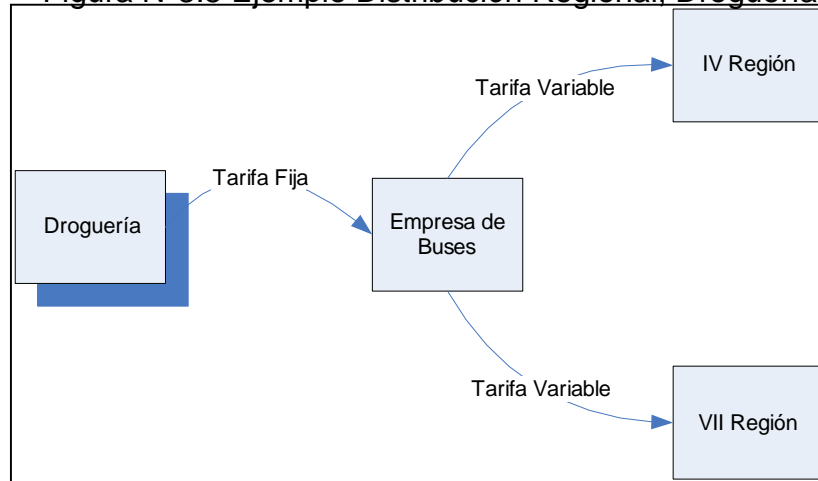
Fuente: Elaboración Propia

En el caso del reparto a regionales sin contrato con Chilexpress, éste se hace con un acercamiento a las empresas de buses a cargo del mismo operador que entrega a las Agencias de la Región Metropolitana, bajo un tarifado fijo por transportar cualquier

tipo de carga a terminales de buses. Luego, las empresas de buses transportan a tarifa variable por peso y destino, el envío a las distintas regionales.

$$\text{Costo} = \text{Acercamiento} + \text{Empdebuses}$$

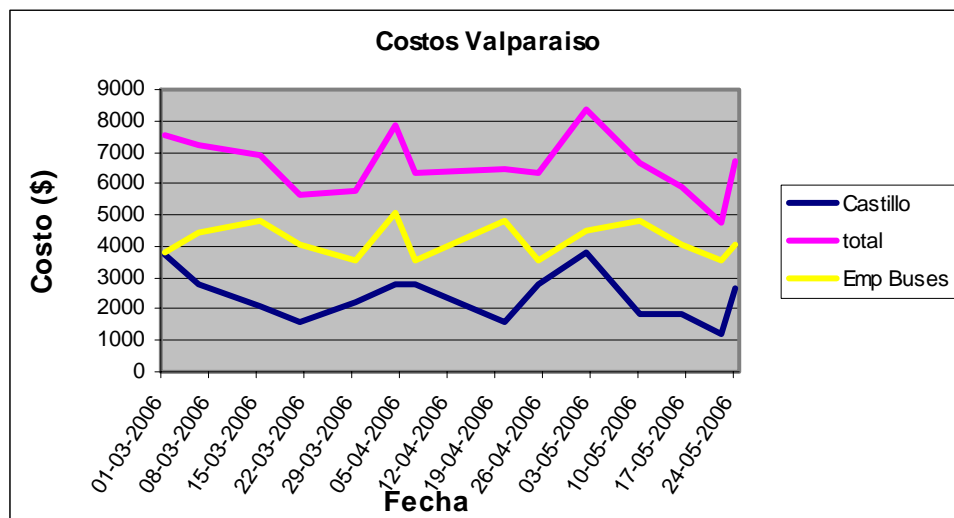
Figura N°3.5 Ejemplo Distribución Regional, Droguería



Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, en un estudio de los costos realizado en este trabajo, se llegó a la conclusión que los costos por el acercamiento era excesivo, llegando a ser en algunos casos igual al transporte del envío hacia regiones. Esto se puede ver en el siguiente gráfico:

Gráfico N°3.3 Costos Distribución a Valparaíso desglosado

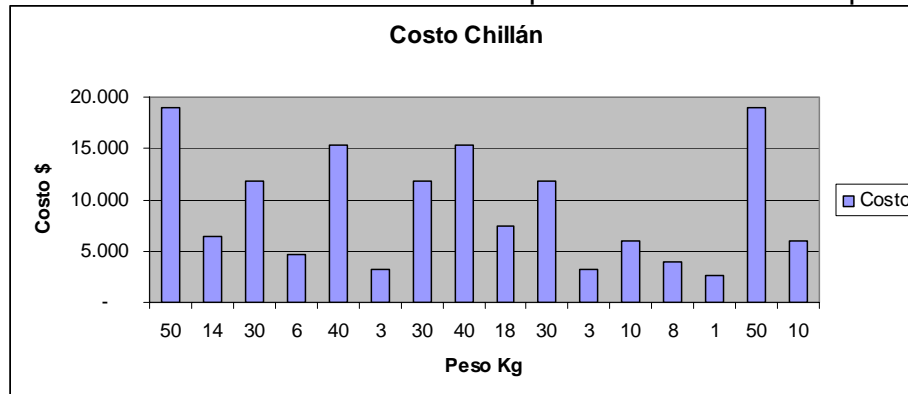


Fuente: Elaboración Propia

Por último, en el caso del reparto a través del operador Chilexpress, éste se realiza a una tarifa basada en el peso de los envíos y es variable en tramos. Se posee un contrato para las regiones III, VI, VIII y IX. El servicio es de puerta a puerta y tiene como tope de entrega el día siguiente antes de las seis de la tarde. Además, se posee un descuento por el gran volumen que transporta la Asociación Chilena de Seguridad, el que significa una rebaja del 25% en la tarifa base.

$$\text{Costo} = \text{Costo Variable por kilo} - \text{dcto}$$

Gráfico N°3.4 Costos Distribución para Chillán vía Chilexpress



Fuente: Elaboración Propia

3.4 Conclusiones

Después de realizar el estudio de la situación actual, tanto del reparto de insumos desde la Bodega Central y de medicamentos desde la Droguería, y de analizada la estructura de costos para cada uno de los tipos de repartos concernientes a estas dos entidades, se llegó a las siguientes conclusiones en cuanto a la manera de enfocar el objetivo general de este trabajo a dichas bodegas:

1. Las condiciones especiales y cuidados que se debe tener al transportar desde la Droguería a los distintos almacenes hace muy difícil el adelantar o retrasar pedidos. Si se adelantaran, se perdería el control de los medicamentos, mientras que si se retrasara, existiría la posibilidad de no llegar a tiempo con los medicamentos más críticos.
2. En lo que se refiere a la Bodega Central, el proveedor logístico actual presta servicios adicionales que no estarían incluidos en la tarifas que se presentan, como lo son el reparto "al escritorio" en el caso de Casa Central, el cual consiste en dejar los pedidos en cada uno de los departamentos. Esto involucra un costo adicional en tiempo que no estaría cobrado en las tarifas que actualmente rigen. Por otro lado, en el caso de las regionales a las que no se llegara antes de la hora de salida del

personal, el actual servicio contempla la entrega a primera hora del día hábil siguiente, sin costo adicional. Para el caso de las agencias metropolitanas, el operador reagrupa los pedidos según la persona que recibirá los productos: enfermera, kinesiólogo, secretaria, etc. (desde la Bodega Central sólo se ordenan por destinos).

Dadas estas condiciones, se decidió la siguiente estrategia:

- Para el caso del reparto desde la Droguería, se evaluará la posibilidad de realizar un cambio de proveedor logístico que cumpla de mejor manera las exigencias del traslado de medicamentos y que posea un menor costo al actual.
- En el caso del reparto desde la Bodega Central, se decidió mantener al operador logístico actual y optimizar el uso de este planteando un modelo de optimización que logre minimizar los costos de transporte.

Capítulo 4: Estudio de demanda por Destino

4.1.- Recolección de Datos

El primer paso para la recolección de datos es encontrar un lugar de donde poder sacar la cantidad demandada de cada producto por cada una de las Agencias ubicadas en todo el país.

Después de analizar las diferentes alternativas que se poseían, se optó por obtener dicha información desde las guías de despacho en las cuales se detallan claramente que productos se trasladan a cada uno de los puntos destino pertenecientes tanto a la red de salud de la ACHS como a sus sedes administrativas.

Se esperaba que la demanda real por producto de cada uno de los destinos fuera igual a la cantidad que se ha pedido más la compra que se pudiera hacer en la ciudad destino de productos que no pudieran ser enviados desde las bodegas centrales o que se necesitara con una urgencia mayor al tiempo de respuesta factible para dichas bodegas. Sin embargo, según juicio de expertos de la ACHS, esta situación no se da a menudo debido a las ventajas que se tiene en la centralización de compras de insumos (compra a precios más convenientes por economías de escala, manejo centralizado de inventarios, etc.) y a los buenos tiempos de respuesta en lo que se refiere a emergencias.

Se utilizaron las salidas del Programa Novasy, software recientemente instaurado en la empresa con el fin de manejar todo lo referente a bases de datos referentes a inventarios. Sin embargo, el software sólo era capaz de entregar un detalle de cada producto trasladado (ya sea como traspaso de productos a otra bodega o como consumo directo en el caso de algún otro centro de costo), obteniéndose una base de datos extensa con el detalle de los productos pero no organizada como se requería.

4.2.- Manejo de Datos

4.2.1.- Ordenamiento de Destinos:

Como el software entregaba sólo los destinos por su nombre y separados por centro de costos, se debían agrupar por destino, ya que varios centros de costos pueden estar asociados al mismo destino.

Sin embargo, primero se debió completar la información exportada desde Novasy pues ésta no poseía la identificación del centro de costo, por lo que se recurrió a funciones de Excel para extraer dicha información desde la base de datos. Luego de realizar el proceso anteriormente descrito, se procedió a agrupar las órdenes de despacho de manera tal que se vieran reflejada la cantidad total de productos enviados en el período, agrupados por cada uno de los destinos que habían pedido los productos que se encontraban en las guías de despacho.

El siguiente paso fue agrupar los destinos por cual es la ciudad que pertenece a las rutas establecidas por el operador. Esto se da debido a que el costo por entregar a cada uno de los destinos que pidieron los productos sería muy elevado si es que así se hiciera. En lugar de esto, se realiza una distribución que se centraliza en los establecimientos de salud y administrativos de mayor tamaño para luego derivar los pedidos a los centros más pequeños mediante el transporte propio (ya sea por ambulancias que trasladan pacientes o vehículos de otro tipo que se deban dirigir de los centros ubicados en los centros más grande hacia los más pequeños).

4.2.2.- Ordenamiento de Productos

Como la cantidad de productos que se transportan hacia los distintos destinos es muy elevada, se propuso disminuir el número total de los productos agrupándolos de manera de hacerlos más manejables para el software de optimización que se elegirá para resolver el problema de optimización.

El problema con la agrupación de productos es que se pierde un poco de la variabilidad de ellos y la exactitud en la solución óptima que pueda entregar el software de optimización. Además existe el peligro de que si la agrupación no es bien realizada, los resultados del problema de optimización podrían no ser correctos.

El primer paso para la disminución de datos por los productos, fue la de agrupar los productos que fueran el mismo elemento pero con distintas características externas. Se procedió a agrupar los lápices, plumones que fueran, por ejemplo, de distinto color.

Debido al desconocimiento de algunos otros productos de tipo quirúrgico, se debió estar en contacto con personal de la empresa para recibir una explicación de que eran y si es que era posible agrupar en un mismo conjunto con otros productos similares.

El siguiente paso es el de agrupar productos que puedan ser de tamaños similares y que posean una demanda similar al igual que una urgencia, tomando este ultimo punto como que posean un costo por insatisfacción similar. Se pretende, además, realizar la agrupación en base a cuan críticos son los productos para la empresa en cuanto a la atención, la demanda agregada por el producto.

4.3.- Pronóstico de Demanda por insumos

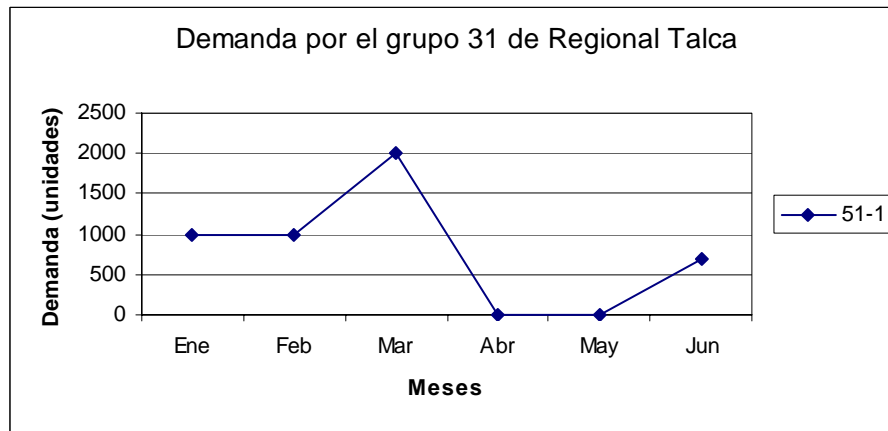
Esta etapa tiene como objetivo llegar a realizar un pronóstico de demanda para cada uno de los grupos de productos anteriormente construidos.

4.3.1.- Análisis de la demanda

En la empresa, los tipos de pedidos de insumos se dividen en dos. Los de stock y los de consumo directo. El primer tipo se refiere a productos que son habitualmente utilizados en los distintos destinos y que se encuentran en stock en Bodega Central. Estos pedidos son realizados para renovar stock ya sea de insumos clínico, de oficina, de limpieza, etc. Por otro lado, existe el que es llamado consumo directo, pedido que

involucra productos que no se encuentran en stock en la Bodega Central, pero que se concentran en ese lugar para después ser enviados a sus respectivos lugares de destino. Son por lo general productos como computadores, impresoras, sillas, etc. Sin embargo, para ambos casos la demanda no es constante en el tiempo sino que más bien discreta en algunos meses. Esto se puede visualizar en el gráfico 4.1, en donde se aprecia una demanda casi constante por algunos períodos y caídas a cero en otros.

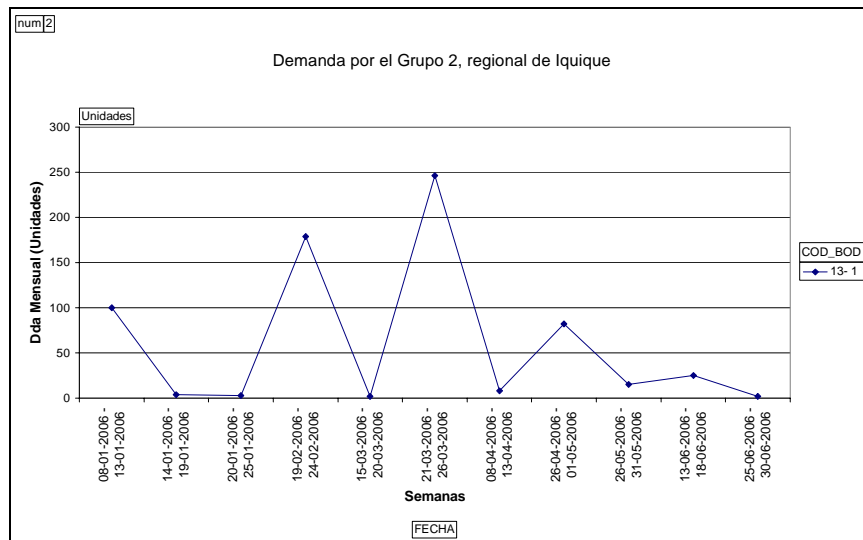
Gráfico 4.1 Demanda por el Grupo 31 desde Regional de Talca



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 4.2 muestra la demanda semanal por el Grupo 2 de la regional 13-1 Iquique por un período de 6 meses y como se puede apreciar, ésta es muy cambiante a través de las semanas, además de poseer saltos importantes, lo que hace inútil trabajar con una estimación de demanda del estilo de las series de tiempo, ya que .

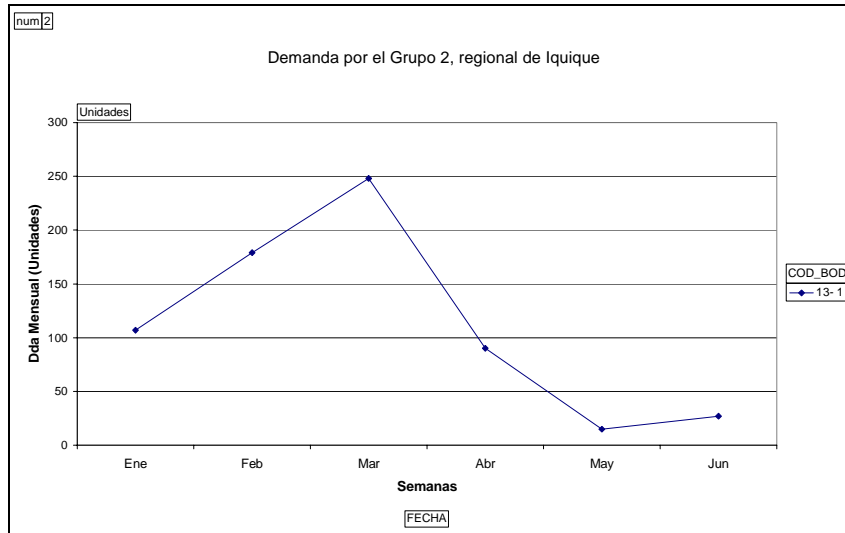
Gráfico 4.2 Demanda Semanal por el Grupo 2, regional de Iquique



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 4.3, se muestra la misma demanda en el mismo período pero ahora agrupadas mensualmente. Como se puede apreciar, ésta tiene una forma mucho más suavizada y con la cual se puede trabajar de manera más simple.

Gráfico 4.2 Demanda Mensual por el Grupo 2, regional de Iquique



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que existe una demanda muy grande de productos de este grupo en el mes de marzo, siendo ésta mucho menor en los otros meses.

4.3.2.- Conclusiones

En base a lo anteriormente expuesto, se decidió utilizar una demanda tal representara lo más fielmente posible la demanda semanal real, con lo que se decidió tomar la demanda mensual (mucho menos aleatoria) y dividirla en cuatro para representar cada una de las semanas del mes. De este modo se encontró una demanda más suavizada y que no se aleja demasiado de la realidad. Además, esta forma de ordenar la demanda significó un ahorro en recursos computacionales al ingresar los datos a los modelos que se plantean más adelante.

Capítulo 5: Estudio de Alternativa de Proveedor Logístico Droguería

5.1.- Motivación

Al realizar el estudio anterior de las tarifas y los costos asociados a la distribución de los insumos en especial desde la Droguería, se pudo notar que debido al nulo estudio anterior y evaluación de los proveedores logísticos, éste no presentaba un sistema ideal de tarifado y, por esto mismo, todo indicaba que se estaba incurriendo en un gasto excesivo.

De esta manera, se procedió a buscar un operador logístico que satisficiera los requerimientos que posee la distribución de medicamentos, descritos en el capítulo 2 de este trabajo) y que, además, tuviera la suficiente confiabilidad de asegurar que los productos más delicados y de mayor cuidado, como lo son los refrigerados, lleguen a destino en el tiempo requerido.

Se barajaron diversas opciones, pero se decidió analizar la opción que representaba la empresa Chilexpress. Las razones por las cuales se eligió hacer el estudio comparativo con esta empresa se detallan a continuación

- Es una empresa grande y confiable.
- Posee una cobertura nacional que posibilita la entrega a todas las Agencias del país.
- Posee seguros que se hacen cargo de los productos con los cuales se pudiera tener algún percance.
- Se poseía contrato con algunas regionales, por lo que se tenía conocimiento de los estándares de calidad que poseía.
- Dado el contrato anterior con algunas regionales, la empresa poseía una cuanta abierta con Chilexpress, operador logístico que trabaja en base al Rut de la empresa cliente. Esto significaba un ahorro en cuanto a trámites y a la posibilidad de adjuntarse a un descuento del 25% de la tarifa base a que con el que se veían favorecidas las agencias regionales.

5.2.- Análisis Reparto Metropolitano

El reparto metropolitano se realiza a través de la empresa de transporte Castillo el cual tiene divididas las agencias de la siguiente manera:

- Centro: que comprende las agencias La Florida, Maipú, Santiago Centro, Alameda y San Miguel.
- Sur: que comprende las agencias Puente Alto, San Bernardo, Buin y Paine.
- Norte: que comprende las agencias Parque Las Américas, Quilicura, Vespucio Oeste y Colina.
- Occidente: que comprende las agencias Melipilla, Talagante y Peñaflo.

Las tarifas que se poseen para estas distintas áreas se detallan a continuación:

Tabla N°5.1 Tarifa Empresa Castillo, Droguería

Área	Tarifa (\$)
Centro	19.180
Sur	14.530
Norte	14.530
Occidente	35.000

Cabe destacar que las tarifas son por viaje realizado al área anteriormente descrita lo que significa que si se debe entregar un pedido a una sola de las agencias pertenecientes a dicha área, se cobrará la tarifa completa.

Lo anterior conlleva a que el costo incurrido al llevar un bulto a una agencia del área es igual a llevar 10 bultos a todas las agencias del área lo que claramente no es lo más conveniente.

Realizando un pequeño cálculo, se encontró que el promedio de bultos transportados mensualmente hacia las agencias es de 149, mientras que el costo promedio agregado para todas las agencias metropolitanas es de \$301.153.

5.3.- Análisis Reparto Regional

El reparto regional se realiza en dos procesos definidos como sigue:

- Acercamiento a terminales de buses: a cargo del operador Castillo. Se paga una tarifa fija por llevar a uno o dos terminales.
- Empresas de buses: que llevan los pedidos desde el Terminal hasta la regional correspondiente. La tarifa es variable por peso de la encomienda.

Realizando un cálculo similar al del reparto metropolitano, se calculó que el costo agregado actual asociado al reparto regional es de \$623.4561

5.4.- Propuesta Chilexpress

La empresa Chilexpress entregó una propuesta en la cual se entregan las siguientes tarifas para encomiendas teniendo como punto de partida la Droguería, las cuales se encuentran sin IVA para ser comparables con las tarifas entregadas por el actual operador logístico:

Tabla N°5.5: Tarifas Chilexpress
Rango de Kilos

DESTINO	1,5	3	6	10	15	Kg. Adicional
Arica	3.882	6.513	11.168	21.361	22.336	1.227
Antofagasta	3.496	5.538	9.227	17.378	17.966	992
Copiapó, La Serena, Coquimbo, Ovalle	2.042	2.824	3.790	4.765	5.050	286
Valparaíso, Viña del Mar, San Antonio	1.950	2.235	3.218	4.286	4.613	261
Santiago	1.193	1.336	1.496	1.588	1.832	109
Rancagua, San Fernando, Curicó, Talca Chillán, Concepción, Los Angeles	1.950	2.437	3.445	4.479	4.765	269
Temuco, Valdivia, Osorno	2.042	2.916	4.176	4.857	5.050	286
Puerto Montt	2.235	3.218	4.479	5.143	5.345	303
Coyhaique, Punta Arenas	3.697	6.210	10.882	21.748	23.303	1.277

Fuente: Catálogo Chilexpress entregado a la empresa

Estas tarifas son las utilizadas para el tipo de despacho “Días hábil siguiente” el cual asegura la entrega al siguiente día antes de las seis de la tarde.

Además se cuenta con el servicio de entrega Overnight, el cual asegura la entrega antes de las 10 de la mañana del día siguiente con un recargo del 50% sobre la tarifa base.

Chilexpress ofrece a sus clientes, la posibilidad de poseer un sistema de tracking de las encomiendas a través de su página de Internet, el cual en este caso sería de carácter gratuito.

5.5.- Determinación de los parámetros a utilizar

Para poder calcular cuanto sería el costo mensual se debe realizar una estimación de la cantidad de kilos y cantidad de viajes que se realizan a cada uno de los destinos. Los parámetros de los viajes mensuales y el número de bultos en cada

uno de los viajes se calcularon como su promedio de tres meses (marzo, abril y mayo del 2006)

Debido a que la sensibilidad a la estimación del peso por cada bulto, se realizó un estudio acabado de este parámetro el que se detalla a continuación.

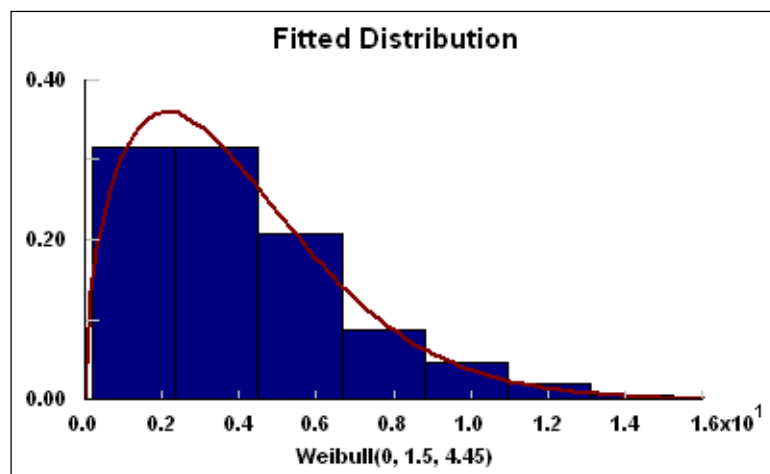
Basado en la información del peso de los bultos entregada por las empresas de buses por los despachos transportados a regionales, se estimó un promedio de cuanto pesa un bulto y la distribución que sigue este cociente (la que será utilizada para realizar una simulación de montecarlo en el software Crystal ball).

Se realizó el ajuste con un total de 149 datos, de entre los cuales el mínimo del peso por bulto fue de 0,2 Kilos/Bulto y el máximo 15,2 Kilos/Bulto. La media de esta serie fue de 4,01342 Kilos/Bulto mientras que la desviación estándar fue de 2.746 en la misma medida.

La distribución que se ajustó fue una Weibull de parámetros:

- Mínimo = 0
- Alfa = 1,50453
- Beta = 4,44995

Figura N°5.1: Ajuste de Distribución



Fuente: Confección Propia desde Stat Fit

5.6.- Resultados obtenidos

Como requisito de la empresa, se tomó que en el 90% de los casos se debe enviar un bulto a tarifa Overnight, la que corresponde a un recargo del 50% respecto a

la tarifa base y asegura la entrega de la encomienda el día siguiente antes de las 10 de la mañana.

Simulando 10.000 veces, se obtiene un promedio del total del costo para el reparto Metropolitano de medicamentos con el operador Chilexpress de **\$127.567** mensuales con una desviación estándar de 7.726. Además, se pudo comprobar que este costo será menor a \$141.504 con un 95% de certeza, y será menor al costo promedio actual en un 100% de las veces.

En el caso del reparto Regional de medicamentos con el operador Chilexpress, el costo promedio de distribución es **\$446.887** mensual con una desviación estándar de \$52.984. Además, se comprobó que este costo será menor a \$536.639 en una certeza del 95% y será menor al costo mensual actual promedio el 99,81% de las veces.

Tanto el detalle de las caracterizaciones del reparto metropolitano como del reparto regional se encuentran en el anexo B, al igual que los resultados de las simulaciones y las tablas resumen de las comparaciones.

5.7.- Comparación de Alternativas

El ahorro en costo que se podría alcanzar en este ámbito se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla N°7: Comparación de alternativas, base mensual

	Costo Mensual Actual sin IVA(\$)	Costo Proyectado Mensual Chilexpress sin IVA (\$)
Metropolitanas	301.153	127.567
Regionales	623.456	446.887
Total	924.609	574.454
	Diferencia	350.155

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, el ahorro es significativo ya que corresponde a \$350.155 lo que corresponde al 37,87%.

Si vemos los montos involucrados de forma anual, el costo que se podría dejar de incurrir es aún más significativo llegando a más de cuatro millones de pesos.

Tabla N°8: Comparación de alternativas, base anual

	Costo Anual Actual sin IVA (\$)	Costo Proyectado Anual Chilexpress sin IVA (\$)
Metropolitanas	3.613.836	1.530.804
Regionales	7.481.470	5.362.644
Total	11.095.306	6.893.448
	Diferencia	4.201.858

Fuente: Elaboración propia

Realizando una inspección visual, se puede apreciar que Chilexpress resulta ser la alternativa más conveniente en el caso del reparto de medicamentos a todas las agencias Metropolitanas. En el caso del reparto a las regionales, Chilexpress resultó ser la alternativa más rentable en todas las regionales exceptuando Arica y Antofagasta, debido a la mayor tarifa en las regiones del extremo norte.

Además del ahorro monetario que se obtendría al cambio de operador, se debe considerar que Chilexpress ofrece de manera gratuita el servicio de tracking en su página Web, procedimiento que en estos momentos no se realiza de manera sistemática y que significa un costo que no ha sido cuantificado.

Capítulo 6: Diseño de Modelo a Optimizar

6.1.- Modelación Matemática

La modelación matemática es un procedimiento que reconoce y verbaliza un problema para posteriormente cuantificarlo, transformando las expresiones verbales en expresiones matemáticas. El proceso de modelación consta de cuatro pasos, los que quedan ilustrados en la siguiente figura:

Figura N° 6.1: Etapas de la modelación matemática

Modelación Matemática
Paso 1: Identificación de las variables de decisión
Paso 2: Identificación de la función objetivo
Paso 3: Identificación de las restricciones
Paso 4: Traducción de los elementos anteriores a un modelo matemático

Fuente: Página Web www.lcc.uma.es

6.2.- Identificación de las variables de decisión:

Primero que todo, se identificarán los índices con los que se van a trabajar, de manera que se pueda entender de mejor manera las variables:

- i : Productos
- j : Destinos
- t : Semanas
- r : rutas.

Con esto ya claro, se puede proceder a describir las variables de decisión, las cuales se pueden dividir en variables continuas y variables binarias. A continuación se presentan las variables continuas, para luego mostrar las binarias.

- X_{ijt} : Cantidad del producto i a transportar al destino j en la semana t
- Y_{ijt} : Cantidad del producto i en destino j en la semana t .

$$\bullet F_{tr} = \begin{cases} 1 & \text{Si el camión de la ruta } r \text{ sale en } t \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Además, se utilizará una cuarta variable de carácter auxiliar, la que representa un nivel de insatisfacción por una demanda no cumplida.

- W_{ijt} : Variable auxiliar de insatisfacción por el producto i en el destino j en la semana t .

6.3.- Parámetros

Los parámetros necesarios para resolver el problema se pueden agrupar de la siguiente manera:

Costos de Transporte

C_r : Costo de ruta r

Como era imposible reducir los costos de transporte a un costo por producto y destino debido al tipo de tarifado que posee la empresa logística, se decidió utilizar el costo de la ruta total la cual se encuentra en el tarifado del operador.

Costo de Bodegaje

K_{ij} : Costo de mantener producto i en destino j por el período t

Este costo está relacionado a cuanto cuesta mantener el producto i en la bodega del destino j y está asociado al espacio ocupado por el producto en la bodega. De este modo, se creará una relación entre el espacio ocupado por el producto, el espacio total de la bodega y el costo de arrendar la bodega por el período de tiempo en que se divide el modelo.

Capacidad de camiones

$VolCAM_r$: Volumen del camión de la ruta r .

$PesoCAM_r$: Peso máximo que puede transportar camión de ruta r .

Estos parámetros son los asociados a las capacidades de los camiones, ya se en su capacidad máxima en cuanto al volumen, como también al peso máximo que puede cargar un camión debido a las normativas.

Parámetros de destino

CAP_j: Capacidad del destino j para almacenar productos.

D_{ijt}: Demanda del producto i en el destino j la semana t

G_{ij}: Costo de insatisfacción de demanda del producto i en el destino j

Los dos primeros parámetros son sacados directamente de los datos recavados de la información entregada por la empresa y corresponden a la capacidad de bodegaje que posee el lugar destino y a cual fue la demanda por el producto en un destino dado en un período de tiempo correspondiente, mientras que el costo de insatisfacción se calculará como una proporción del costo del producto más un costo asociado al tipo de producto (si es prescindible o no) y más un delta asociado a la dificultad de conseguir el producto en el lugar de destino.

Parámetros del Producto i

Vol_i : Volumen del Producto i

Peso_i: Peso del producto i

Estos parámetros se conseguirán de un estudio de los productos que se transportan a los distintos centros de la empresa pesándolos y midiéndolos en la misma bodega.

6.4.- Identificación de la Función Objetivo

La Función Objetivo debe ser capaz de reducir los costos del sistema completo y no solo el costo por transporte. Debe además tener en cuenta el manejo de inventarios en cada uno de los destinos.

6.5.- Identificación de las Restricciones

1. El inventario de cada uno de los destinos debe ser coherente con el inventario y la cantidad transportada el período anterior
2. La cantidad de productos que se almacenen en un destino no debe ser superior a la capacidad de la bodega destino.
3. Los camiones deben ser superados en cuanto a los metros cúbicos de capacidad.

4. No se debe sobrepasar el peso máximo por eje del camión que establece la ley.
5. La variable de insatisfacción debe ser tal que sea positiva si la demanda por el producto en el destino es mayor al inventario en ese período y cero en caso contrario.

6.6.- Traducción de los elementos anteriores a un modelo matemático

Según los datos recolectados y la información obtenida anteriormente, el modelo de minimización de costos de transporte que asignará rutas y frecuencias de salida de éstas, queda de la siguiente manera:

Función Objetivo

$$\text{Min} \sum_r^R \sum_t^T \sum_j^J \sum_i^I C_r F_{tr} + K_{ij} Y_{ijt} + G_{ij} W_{ijt}$$

s.a.

Restricciones

- Mantención del inventario del producto i en el destino j en el período t

$$Y_{ijt+1} = Y_{ijt} + X_{ijt} - D_{ijt}$$

- No sobrepasar capacidad de bodegas destinos

$$\sum_i Y_{ijt} Vol_i \leq CAP_j \quad \forall j, t$$

- No repartir productos a un destino que pertenece a una ruta que no se despacha.

$$X_{ijt} \leq \sum_j F_{tr} M \quad \forall j \in \text{ruta } r$$

- No sobrepasar la capacidad del camión de la ruta r

$$\sum_j X_{ijt} Vol_i \leq VolCAM_r \quad \forall t$$

- No sobrepasar el peso máximo que puede transportar el camión de la ruta r

$$\sum_j X_{ijt} \text{Peso}_i \leq \text{PesoCAM}_r$$

- Variable de Insatisfacción por demanda insatisfecha del producto i en el destino j en el período t.

$$W_{ijt} \geq D_{ijt} - Y_{ijt} \quad \forall i, j, t$$

- Naturaleza de las Variables

$$X_{ijt}, Y_{ijt}, W_{ijt} \geq 0$$

$$F_{tr} \in \{0, 1\}$$

Capítulo 7: Resolución del Modelo

7.1.- Elección del software a utilizar

Frente a las distintas alternativas de software de optimización que se presentaban como candidatos para ser usados con la finalidad de resolver el problema matemático recientemente propuesto, se debía escoger uno que fuera capaz de manejar tanto un gran número de variables como un elevado número de restricciones, además de estar al alcance del alumno. Fue por estas razones que se eligió el programa GAMS, con el cual ya se había trabajado antes en trabajos anteriores de mucha menor escala, y que cumplía con los requisitos descritos anteriormente. Otra ventaja que posee este software de optimización es la manera compacta en que se pueden escribir restricciones que involucren un gran número de índices. Por último, se tenía la ventaja que la misma universidad poseía acceso al software, lo que facilitó la adquisición de éste por parte del alumno.

7.2.- Manejo de datos

Se poseía una base de datos de alrededor de 1200 códigos distintos de productos, los cuales no eran todos distintos ya que muchas veces al cambiar de proveedor para un mismo producto, se cambiaban los códigos, por lo cual se tenía un mismo producto con distinto código dependiendo del proveedor. Es por esto que el primer paso a realizar fue agrupar los productos que fueran el mismo pero con distinto código.

El siguiente paso fue agrupar los productos que fuera lo mismo para el caso del estudio, esto es, por ejemplo, agrupar lápices pasta de distintos colores en un solo producto genérico. En este proceso se logró bajar el número de códigos de productos de los más de 1200 a un número cercano a los 900. Para simplificar un poco más el manejo de datos, se excluyeron los productos cuya demanda agregada no superara las 20 unidades en un período de seis meses. Sin embargo, este número aún es muy elevado para que los programas de optimización puedan resolver de una manera eficiente y en un tiempo razonable.

Se procedió, entonces a realizar una clusterización de los productos con el programa SPSS utilizando el método de Cluster de Dos Fases el cual tomo como variables de agrupación las siguientes:

- Demanda agregada total en un período de 6 meses
- Volumen unitario del producto
- Peso unitario del producto
- Si es crítico o no.

Este último parámetro es entregado por la empresa e indica que tan necesario es que dicho producto se encuentre a disposición del personal de la ACHS en cada uno de los lugares solicitados. Toma valor 1 si el producto es crítico y 0 si no lo es.

Con esto se llegó a un número de 75 clusters, número que fue elegido para un mejor manejo de los datos y consumir una cantidad menor de recursos computacionales al momento de resolver en algún software de optimización, además de intentar no perder demasiada representatividad de los datos. La caracterización de cada uno de los clusters se presenta en el anexo C.

Por otro lado, se agruparon los destinos de manera tal que representara a estructura actual de reparto, es decir que el transporte sea enviado desde a Bodega Central hasta los grandes centros neurálgicos de cada región para luego las mismas regionales se encarguen de hacer llegar los pedidos a las agencias mas pequeñas del interior. La agrupación de los destinos se puede apreciar en el anexo D.

7.3.- Costos de Bodega

El costo de bodegaje se calculará como una proporción del volumen ocupado por el producto i con respecto al volumen total de la bodega en cuestión que se puede utilizar para almacenar ese tipo de productos, multiplicado por el precio promedio de arriendo del metro cuadrado de la ciudad destino.

$$\text{Costo Bodega} = \frac{\text{Vol}_i}{\text{Vol utilizable}_j} \text{Area} * \text{Costo } \bar{X} (m^2)$$

Esto para el caso en que el destino posea efectivamente una bodega donde almacenar los productos. Sin embargo en los destinos que no se posea una bodega, se asignará un valor lo suficientemente alto que represente el costo asociado de tener un producto en stock sin tener un lugar específico para ello (cabe destacar que en todos los destinos existen lugares para almacenar productos, salvo que al no tener un lugar específicamente con este fin, el costo de utilizar ese espacio para guardar los productos es mucho mayor).

7.4.- Costo de Insatisfacción

El costo de insatisfacción es el relacionado al valor que se le asigna el no contar con un insumo específico en un destino dado y, por lo tanto, no poder entregar el servicio requerido por el paciente o no poder realizar las actividades administrativas normales. En general para el caso de empresas de producción, el grado de insatisfacción de no tener un producto en un destino en un instante dado está fuertemente relacionado con el quiebre de stock que se valoriza como las ventas perdidas. Sin embargo, en el caso de las empresas de servicio, como es el caso de la ACHS, la medida de insatisfacción es mucho más difícil de calcular pues involucra

variables mucho más intangibles, como lo son la satisfacción del cliente y las pérdidas de prestigio de la empresa.

En la base de datos de productos de la ACHS se encuentra hecha esta división entre productos críticos y los que no lo son para la atención de pacientes (que están involucrados en la satisfacción del cliente y las pérdidas de prestigio de la empresa por la no atención de algún paciente por la falta de algún insumo crítico).

El costo de insatisfacción por un producto también debe tener un término asociado al destino de cual estemos hablando. Es así que no es lo mismo no contar con un insumo en una ciudad en donde si es necesario se pueda ir a comprar a alguna tienda, que en una localidad más pequeña en la cual sea imposible adquirir el insumo aún cuando sea a un costo mayor.

De esta manera, el costo de insatisfacción queda determinado por la siguiente relación:

$$G_{ij} = \alpha + \beta * Critico + \gamma * Rural$$

Donde G_{ij} es el costo de insatisfacción del producto i en el destino j , α , β y γ son factores que dependen del modelo que se esté corriendo y Crítico y Rural son 1 o 0 si es que el producto es o no crítico para la empresa y si el destino es rural o no, respectivamente.

7.5.- Relación entre los costos

Tanto los costos de Bodegaje como los costos de Insatisfacción agregados por destinos deben cumplir con la condición de ser comparables con los costos de las rutas, de otra manera, el costo total de realizar un viajes sería mucho menor que el costo total de almacenar, por ejemplo, un solo producto en un destino sin bodega.

Por otro lado, si el costo por insatisfacción fuera demasiado elevado, el modelo de optimización resolvería que salieran rutas todos los períodos y sobre inventariar todos los destinos, lo que va en contra de los objetivos de este trabajo.

Cabe destacar además, que como deben ser comparables los costos de bodegaje e insatisfacción agregados y de transporte, se tienen factores distintos para cada uno de los modelos realizados.

Debido a las razones antes expuestas, la magnitud de los factores se calculó de manera iterativa hasta encontrar los valores apropiados para los factores de los costos

de insatisfacción y los costos de bodegaje para los destinos que no cuenten con una bodega central propiamente tal.

7.6.- Elección del número de modelos

En un principio, se decidió dividir el problema en tres modelos: Zona Norte, Zona Sur y Zona Central. La primera incluye las ciudades pertenecientes a la ruta Norte Corto, la segunda es la correspondiente a la ruta Sur Corto y la última corresponde a las agencias metropolitanas más San Antonio, Viña del Mar, Quilpue, Curacaví, Los Andes y San Felipe.

Sin embargo, se decidió separar la ruta del Sur Corto de manera que resultara menos complicada la asignación de rutas con lo cual quedó la ruta que aglomera Rancagua y Concepción dentro de un modelo aparte.

Las razones para esta separación del problema general en 4 modelos se presentan a continuación:

- Existía la necesidad de dividir el problema en más modelos para ahorrar recursos computacionales y trabajar con modelos que tuvieran un tiempo de resolución razonable.
- Por la composición de las rutas, la separación entre Zona Norte y Sur fue natural.
- Las rutas Norte y Sur poseen una frecuencia quincenal, mientras que las rutas que componen el modelo de la Zona Central, poseen una frecuencia que puede llegar a ser diaria (como es el caso del Hospital del Trabajador o Casa Central).
- Las rutas Norte y Sur pueden demorar más de una semana en ir y volver por lo que el recurso del transporte está ocupado por dicho tiempo. Las rutas pertenecientes a la Zona Central no toman más de un día en ir y volver, por lo que poseen una disponibilidad mayor.
- En la Zona Sur, la ruta que sólo comprende Rancagua y Concepción se manejan de manera aparte que la Ruta que comprende todas las demás ciudades. Esto ocurre debido al gran flujo de insumos que poseen estos dos destinos, el cual es suficiente como para copar la capacidad de un camión.

Para adaptar el modelo para el caso de la Zona Central, se debió utilizar la demanda diaria por un mes. Sólo se tomó un mes para que la cantidad de períodos

fuera aún manejable dentro de los límites de los recursos computacionales que se poseían. Se escogió el mes de Abril debido a que es un mes promedio en cuanto a las demandas totales.

Capítulo 8: Resultados

8.1.- Outputs del Modelo

Dadas las características de la programación realizada y la forma en que el software entrega los resultados, se pueden obtener los siguientes datos:

- La cantidad a transportar del grupo i al destino j en el período t
- La cantidad de inventario en el destino j del grupo i en el período t
- La cantidad de demanda insatisfecha del producto i en el destino j en el período t.
- Que ruta sale en el período t

Desafortunadamente, al realizar la clusterización en la cual se ganó la maleabilidad de los modelos, se tuvo que sacrificar también la individualización de los productos por lo que no se pueden utilizar para la asignación de inventarios o programación de despachos de productos.

Sin embargo, estos outputs (en especial la variable de insatisfacción de la demanda) pueden ser utilizados para verificar que el modelo esté trabajando de la manera correcta.

El primer paso es averiguar si el modelo está entregando resultados que sean consecuentes con el sentido común, esto es, por ejemplo que en el caso de un destino específico y comparando un producto que sea crítico con uno que no lo sea, el primero tenga valor menor en cuanto se refiere a la variable de insatisfacción del primero. Sin embargo, ambos productos deberán tener un nivel de demanda total y de dimensiones similares para que sean comparables.

Entonces, para cada uno de los grupos de productos críticos, se buscó el producto no crítico que se le asemejara más en cuanto se refiera a demanda total, peso y volumen, no sin antes Normalizar los valores para que fueran comparables entre si. Luego de la normalización, se aplicó la siguiente fórmula y se escogió el producto que tuviera una disimilitud menor.

$$Disimilitud_{ij} = |Vol_i - Vol_j| + |Peso_i - Peso_j| + |Dda_total_i - Dda_total_j|$$

De esta manera, se puede analizar el caso del destino Calama para el modelo Norte, en el cual el grupo 75, correspondiente a un producto crítico posee un promedio a través de los períodos para la variable de insatisfacción de 3, mientras que para el

mismo destino, el grupo 27 (el más parecido en cuanto a la disimilitud anteriormente definida) posee una variable de insatisfacción promedio de 66.

Para cada uno de los modelos, el promedio de los destinos entre los grupos de productos críticos y los no críticos más similares, se muestra a continuación

Tabla 8.1 Promedio Variable Insatisfacción

Modelo	Critico	No critico
Zona Norte	5	15
Zona Sur	15	30
Concepción-Rancagua	0	2
Zona Central	1	14
Promedio	5	15

Fuente: Elaboración Propia

Con esto queda demostrado que el modelo realiza efectivamente la distinción entre productos críticos y no críticos ya que al momento de resolver entre enviar a un mismo destino un grupo con productos críticos o no críticos, decide preferentemente un producto perteneciente al grupo de productos críticos. Un detalle de los inventarios promedio y variable de insatisfacción promedio se puede apreciar en el anexo E.

8.2.- Resultados del modelo

Como ya se dijo anteriormente, el resultado principal que entrega los modelos son las rutas que deben salir en cada período de tiempo. Cada una de las rutas tiene asociada un conjunto de destinos a los que debe proveer de los insumos necesarios para el funcionamiento de cada destino. Los distintos modelos entregarán variables binarias para cada ruta que indicará en que período debe salir dicha ruta.

En la tabla 8.2 se puede apreciar la matriz que muestra las rutas resultantes de correr el modelo Norte. Las rutas que son despachadas en cada uno de los períodos están señaladas con 1, mientras que las que no salen son señaladas con un 0. De ella se desprende que el modelo recarga las rutas más largas para aprovechar de cubrir una mayor cantidad de destinos. Esto es una muestra más de que el modelo está funcionando bien, pues se esperarí que las rutas que se despacharan fueran las más largas y las que involucran el visitar a más destinos, disminuyendo así el costo total de la distribución.

Tabla 8.2: Rutas resultantes para el modelo Norte

Período	Rutas						
	r6	r7	r9	r10	r11	r12	r13
t1	0	0	0	0	0	1	0
t2	0	0	0	1	0	0	0
t3	0	0	1	0	0	0	0
t4	0	0	0	0	0	0	0
t5	0	0	0	0	0	0	0
t6	1	0	0	0	0	0	0
t7	0	0	0	0	0	0	0
t8	0	0	0	0	0	0	0
t9	0	0	0	0	0	0	0
t10	0	0	0	0	0	0	0
t11	0	0	0	1	0	0	0
t12	0	0	0	0	0	0	0
t13	0	0	0	0	0	0	0
t14	0	0	0	0	0	0	0
t15	0	1	0	0	0	0	0
t16	0	0	0	0	0	0	0
t17	0	0	0	0	0	0	1
t18	0	0	0	0	1	0	0
t19	0	0	0	0	0	0	1
t20	0	0	0	1	0	0	0
t21	0	0	0	0	0	0	0
t22	0	0	0	0	0	0	0
t23	0	0	0	0	0	0	0
t24	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Como anteriormente se había establecido, el modelo Sur fue separado en dos, uno que no incluía las rutas que comprende las ciudades de Rancagua y Concepción y otra que sólo incluía esas rutas. Las rutas que se consiguieron en el primer caso se presentan en la tabla 8.3. Se asigna un 1 a las rutas que salen y un 0 a las que no.

Se puede apreciar, que al igual que en el caso del modelo Norte, las rutas que se asignan son las que aglomeran una mayor cantidad de ciudades, lo que concuerda con el sentido común de aprovechar las rutas largas para abaratar costos.

Tabla 8.3: Rutas resultantes para el modelo Sur, sin Concepción y Rancagua

Semanas	Rutas		
	r6	r7	r8
t1	0	0	0
t2	0	0	1
t3	0	0	0
t4	1	0	0
t5	0	0	0
t6	1	0	0
t7	0	0	0
t8	1	0	0
t9	0	0	0
t10	0	0	0
t11	0	0	0
t12	0	0	1
t13	1	0	0
t14	0	0	1
t15	0	1	0
t16	1	0	0
t17	0	0	0
t18	0	0	0
t19	0	0	0
t20	0	1	0
t21	0	0	0
t22	0	0	0
t23	0	0	0
t24	0	1	0

Fuente: Elaboración propia

El modelo que aglomera las rutas a las cuales pertenecen las ciudades de Rancagua y Concepción arrojó los resultados que se pueden ver en la tabla 8.4. Como se aprecia, apenas en una ocasión, dentro de los 6 meses, se asignó la ruta 1, que es la que sólo llega hasta Rancagua, para salir prefiriéndose la ruta que incluye ambas ciudades, aún cuando es la más cara. Se puede apreciar, además, que a diferencia de los otros modelos, en este se puede apreciar una gran cantidad de rutas saliendo, debido principalmente al elevado volumen de productos críticos que posee Concepción (posee al Hospital del Trabajador de Concepción).

Tabla 8.4: Rutas resultantes ara el modelo Concepción-Rancagua

Semanas	Rutas	
	r1	r2
t1	0	1
t2	0	1
t3	1	0
t4	0	1
t5	0	0
t6	0	1
t7	0	0
t8	0	0
t9	0	1
t10	0	1
t11	0	1
t12	0	1
t13	0	1
t14	0	1
t15	0	1
t16	0	1
t17	0	1
t18	0	1
t19	0	0
t20	0	0
t21	0	0
t22	0	0
t23	0	1
t24	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se presentan las salidas del modelo de la Zona Central. Cabe recordar que en este caso los períodos de tiempo no fueron semanas, si no días debido a la composición de los pedidos y despachos. Se puede apreciar en la tabla 8.5 que la ruta 2 (correspondiente al hospital del Trabajador de Santiago) es elegida para salir la mayoría de los días debido a la alta demanda en especial de productos denominados críticos.

Tabla 8.5: Rutas resultantes modelo Zona Centro

Días	Rutas									
	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10
t1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
t3	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
t4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
t5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
t6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t7	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
t8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
t9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
t10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t12	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
t13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t14	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
t15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
t16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t17	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
t18	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
t19	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
t20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración Propia

Teniendo claras cuales son las rutas obtenidas desde los modelos, se puede pasar al siguiente paso, el cual es cuantificar en dinero cual es el costo total de las rutas que están partiendo.

8.3.- Comparación Económica

Para traducir los resultados de los modelos anteriormente expuestos al costo total incurrido con la nueva programación, se le debe asignar a cada una de las rutas su tarifa correspondiente. Los valores que aparecen en la tabla 8.6 son los valores totales de transporte al multiplicar la variable binaria de si sale o no la ruta por su respectiva tarifa. Cabe destacar que todos corresponden a una programación semestral debido a que la mayoría de los modelos se encontraba en esa escala, incluso el valor de la programación con el modelo Centro que a pesar de programarse para un mes, se extrapolo al valor para seis meses para hacerlo comparable con los valores correspondientes a los otros modelos.

Tabla 8.6: Costo de transporte semestral según programación modelada

Modelo	Costo de transporte (\$)
Norte	7.876.040
Sur s/ruta Concepción-Rancagua	5.362.100
Concepción- Rancagua	5.580.130
Centro	12.456.720
Total	31.274.990

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, para ver los resultados se debe comparar con la situación actual, la que se obtuvo de las facturas almacenadas en la Bodega Central. Para cada una de los destinos involucrados en las rutas de los modelos, se poseía un registro de los diez primeros meses del año 2005. Para realizar la comparación de mejor manera e intentar sesgar lo menos posible el valor a comparar, se procedió a calcular un promedio mensual del gasto asociado a cada destino, para luego extrapolarlo a seis meses para hacerlo comparable con los modelos. De esta manera, se construyó la tabla 8.7, donde se presenta lo anterior:

Tabla 8.7: Costo de Transporte extrapolado a seis meses, 2005

Zona	Costo de transporte (\$)
Norte	11.101.920
Sur s/ruta Concepción-Rancagua	9.348.462
Concepción- Rancagua	7.419.716
Centro	21.210.277
Total	49.080.376

Fuente: Elaboración propia a base de facturas de transporte, enero-octubre 2005

Realizando la comparación entre el escenario de la situación actual y el escenario en el cual las rutas fueron asignadas mediante el modelo de optimización, se puede ver en la tabla 8.8 que el ahorro llega a más de 35 millones de pesos anuales, correspondiente a un ahorro del 36% respecto al costo total que se incurre en estos momentos al distribuir la misma cantidad de insumos a los mismos destinos.

Tabla 8.8: Diferencia de costos Situación actual con programación con modelo

Modelo	Diferencia Semestral (\$)	Diferencia Anual (\$)
Norte	3.225.880	6.451.760
Sur s/ruta Concepción-Rancagua	3.986.362	7.972.724
Concepción- Rancagua	1.839.586	3.679.173
Centro	8.753.557	17.507.114
Total	17.805.386	35.610.771

Fuente: Elaboración Propia

8.4.- Análisis de sensibilidad

Para realizar el análisis de sensibilidad sobre los parámetros del modelo, se tomaron los principales costos asociados a la función objetivo los cuales corresponden a los costos de transporte o costos de realizar la ruta correspondiente, los costos de insatisfacción de no satisfacer la demanda de algún producto en alguna de los destinos y por último el costo de mantener un producto en stock en alguno de los destinos. Se tomó como parámetro de comparación los costos de transporte finales ya que son éstos los que se buscaban minimizar.

8.4.1.- Análisis del Costo de las rutas

Con el fin de realizar este estudio se procedió a mover sólo dicho parámetro de forma proporcional para cada una de las variables, dejando todos los demás parámetros constantes. Se procedió a correr los modelos nuevamente con un aumento en los costos de transporte en un 25% y se obtuvo que, en promedio el valor de los costos de transporte aumentó en un porcentaje similar del 29,7%. Luego, se procedió a correr los modelos con una disminución en los costos de las rutas en un 25% y se obtuvo que, en promedio, el valor de los costos de transporte disminuyó en un porcentaje muy similar, resultando dicha disminución de un 24,46%.

De ambos resultados, se puede ver que el costo de transporte varía de forma importante al variar el costo de las rutas, y lo hace de manera casi proporcional por lo que se puede concluir que el modelo es muy sensible al cambio del costo de las rutas

8.4.2.- Análisis del costo de insatisfacción de demanda

Con el fin de realizar este estudio se procedió a mover sólo dicho parámetro de forma proporcional para cada una de las variables, dejando todos los demás parámetros constantes. Se procedió a correr los modelos nuevamente con un aumento en los costos de insatisfacción de demanda en un 25% y se obtuvo que, en promedio el valor de los costos de transporte aumentó en un porcentaje casi nulo de un 0,34%. Luego se procedió a correr los modelos con una disminución de los costos de insatisfacción de demanda en un 25% y se obtuvo que, en promedio, el valor de los costos de transporte disminuyó en un porcentaje de un 0,0001% lo que se puede considerar como nulo.

De los resultados anteriormente, se desprende que el costo de transporte es casi insensible al cambio en los costos de insatisfacción. Esto se puede deber al hecho de que los costos de insatisfacción, aún cuando son muy importantes en este estudio, son pequeños individualmente en comparación con los costos de transporte. Además, la variación casi imperceptible de los costos de transporte frente a la variación de los costos de insatisfacción de demanda muestra que la cantidad de viajes es la óptima en cuanto a los productos insatisfechos.

8.4.3.- Análisis del Costo de Bodegaje

Con el fin de realizar este estudio se procedió a mover sólo dicho parámetro de forma proporcional para cada una de las variables, dejando todos los demás parámetros constantes. Se procedió a correr los modelos nuevamente con un aumento en los costos de insatisfacción de demanda en un 25% y se obtuvo que, en promedio el valor de los costos de transporte aumentó en un porcentaje pequeño de un 0,9%. Luego se procedió a correr los modelos con una disminución de los costos de insatisfacción de demanda en un 25% y se obtuvo que, en promedio, el valor de los costos de transporte disminuyó en un porcentaje de un 7,25%.

De estos resultados se puede ver que el costo de transporte es sólo un poco sensible a cambios en el costo de de bodegaje. Esto se puede deber a que si el costo de bodegaje sube, la demanda de todas formas debe ser cubierta, por lo que los viajes se deben realizar de igual manera y, en caso contrario, si los costos de bodegaje bajan, se puede realizar un número menor de viajes ya que el se puede aprovechar esta baja en el costo, realizando menos viajes y dejando un stock mayor en los destinos.

Capítulo 9: Conclusiones

El problema principal que se presentaba en la Asociación Chilena de Seguridad era el desconocimiento de estructura de costos asociada a su sistema de reparto de insumos a sus distintas sucursales tanto médicas como administrativas, con lo cual era imposible realizar una mejora integral del sistema y cumplir el objetivo general de minimizar los costos de Transporte de la cadena de Distribución teniendo presente los costos de existencia por regional manteniendo el nivel de servicio actual.

Mediante un análisis de la situación actual del sistema de distribución, se llegó a la caracterización de la estructura de costos tanto para la Droguería como para la Bodega Central. Se pudo identificar cuales de ellos eran fijos, cuales variables y cuales dependían de rutas específicas construidas en conjunto con los proveedores logísticos y el personal de la empresa. Esto resultó esencial para la posterior construcción del modelo de optimización, pues las rutas con sus respectivas tarifas fueron utilizados como parámetros.

Uno de los problemas principales que se descubrieron al caracterizar la estructura de costos de distribución de insumos de la ACHS fue la dispersión de los cargos de costos de este tipo entre todas las agencias, centros de salud y sedes administrativas con lo que se pierde la visión macro de cuanto dinero se está gastando en este ítem. Se sugiere un control más estricto y centralizado de los costos de distribución de insumos de manera de saber los niveles de gastos agregados en que se está incurriendo.

Por otro lado, el estudio de la situación actual dio como resultado la incompatibilidad de consolidar los envíos provenientes de la Droguería y los provenientes de la Bodega Central, debido principalmente a los distintos requerimientos transporte que presentan los productos de ambas bodegas.

El estudio de la situación actual permitió, además, decidir que cual sería la estrategia para alcanzar el objetivo general de este trabajo, optando por un cambio de proveedor en el caso de la Droguería y un modelo de optimización para el caso de la Bodega Central con el fin de minimizar los costos sujetos a las condiciones actuales de proveedores logísticos y tarifas.

Con el cambio de proveedor logístico de la Droguería se lograría un ahorro correspondiente a \$4.201.858 anuales. Esto significaría bajar el costo anterior de \$11.095.306 anuales a los \$6.893.443 anuales que se gastarían con el cambio de proveedor. Si se mira en términos absolutos, no parece ser un ahorro demasiado significativo pero se debe hacer notar que equivale a un 38% de ahorro y que se mejoraría el servicio en cuanto a puntualidad de la entrega en destino y el tracking de los medicamentos, servicio que en estos momentos se presta pero de manera muy rudimentaria.

Analizando el modelo de optimización que se construyó para minimizar los costos de distribución en el caso de la Bodega Central, se puede notar que tanto el costo de bodegaje en destino como el costo de insatisfacción de un producto en un destino dado si bien no son costos que puedan ser realmente tangibles, su inclusión fue de gran ayuda en el modelamiento y posterior resolución del modelo. Estos costos fueron obtenidos de manera iterativa con el fin de hacerlos comparables con los costos reales de transporte de manera tal que no se produjera una distorsión en el modelo.

Si bien el modelo logra el objetivo central que es minimizar los costos de distribución de forma agregada, pierde en la individualidad del costo unitario de llevar un producto dado a un destino específico.

En cuanto se refiere al manejo de los datos, en especial al agrupamiento de los productos, resultó vital para la resolución de los problemas en un tiempo razonable y utilizando los recursos disponibles. Sin embargo se perdió la individualidad de los productos produciendo que no fuera posible la programación de despachos y de inventarios en destinos ya que era imposible desagrupar de manera precisa los clusters.

La división del problema en cuatro modelos que se realizó para simplificarlos y mantener su resolución en un tiempo razonable, no afectaron los resultados que se obtuvieron ya que cada uno de esos modelos poseía rutas que eran independientes respecto a las rutas de los otros modelos.

El resultado de la resolución del problema general utilizando los cuatro modelos fue el de un ahorro del 36% del gasto total anual, lo que implica una reducción en el costo de \$35.610.771 anuales.

Cabe destacar que además de los costos de transporte, el modelo entrega el valor del costo de inventario de un grupo de productos en cada uno de los destinos y el valor del costo de la insatisfacción producida por no contar con un grupo de productos en un destino dado. Sin embargo, este valor es sólo de referencia ya que los parámetros no son absolutos, sino relativos al costo de transporte que si es un costo real.

Los costos de insatisfacción y los costos de inventario se pueden disminuir alterando los parámetros asociados a esas variables. Esto supondría una disminución en las variables de inventario y de insatisfacción, pero provocarían que las rutas descritas anteriormente fueran asignadas para realizarse de forma mucho más numerosa a través de los períodos, lo que conllevaría a un costo por transporte mucho más elevado, llegando incluso a sobrepasar los costos actuales de distribución de insumos.

Teniendo la programación óptima de despacho de rutas con los insumos, se puede comenzar el proceso de comparación con otros operadores logísticos que presten servicios similares. Debería tomarse en cuenta los servicios adicionales que entrega el proveedor actual (como lo es, por ejemplo, la entrega personalizada en Casa Central) y asignarle un valor monetario para que la comparación sea acertada.

Bibliografía consultada:

- CONTARDO, S., Estructuración y optimización de la logística de abastecimiento de en una industria de artefactos de línea blanca. Memoria Ingeniería Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago de Chile, 2001.
- ORTIZ, C., Optimización y Modelos para la Gestión, Editorial Dolmen Ediciones, Santiago de Chile, 2000.
- OTEGUI, I., Optimización en la gestión de distribución de una empresa distribuidora. Memoria Ingeniería Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago de Chile, 1989.
- RODRÍGUEZ, I., Rediseño del proceso de abastecimiento de recursos físicos de una institución de salud. Memoria Ingeniería Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago de Chile, 2006.
- SABAT, C., Desarrollo y evaluación de un sistema de control de inventarios para una cadena de supermercados regional. Memoria Ingeniería Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago de Chile, 2006.
- SHROEDER, R., Administración de Operaciones, Editorial Mc Graw Hill Interamericana, México D.F., 1992.

Anexos

Anexo A: Tarifas desde Bodega Central

TARIFAS AGENCIAS METROPOLITANAS AÑO 2005

AGENCIAS	CARGA CONSOLIDADA		FLETE DIRECTO SIN ESCALA	
	CAMIONETA	CAMION	CAMIONETA	CAMION
Peñaflor	14.530	14.530	43.590	58.560
Talagante	14.530	14.530	43.590	58.560
Melipilla	32.760	43.590	58.560	72.660
San Antonio	15.160	18.950	73.290	90.980
Egaña	11.190	14.530	11.190	14.530
La Reina	11.190	14.530	11.190	14.530
Las Condes	11.190	14.530	11.190	14.530
San Miguel	11.190	14.530	11.190	14.530
Alameda	11.190	14.530	11.190	14.530
Maipú	14.530	18.950	14.530	18.950
P.Las Americas	11.190	14.530	14.530	19.590
Quilicura	11.190	14.530	14.530	19.590
Vesp.Oeste	11.190	14.530	14.530	19.590
Colina	14.530	18.950	38.540	58.130
La Florida	11.190	14.530	11.190	14.530
Pte. Alto	14.530	19.330	19.590	38.540
San Bernardo	14.530	19.330	19.590	38.540
Buin	22.110	19.460	43.590	50.540
Paine	11.190	14.530	43.590	50.540

TARIFADO DE TRANSPORTE AÑO 2005

ZONA SUR

REGIONAL	KMTS.	CAMION 8 TNS.	CAMION 2 TNS.	CAMIONETA O SIMILAR
Rancagua	86	130.780	98.090	91.550
Curico	196	174.380	130.780	122.070
Talca	252	217.970	163.480	152.580
San Javier	278	232.500	174.380	162.750
Linares	310	261.570	196.170	183.090
Parral	345	276.100	207.080	193.270
Chillan	409	305.160	228.880	213.610
Los Ángeles	514	334.220	250.670	233.950
Concepción	513	363.290	272.470	254.300
Temuco	674	392.350	294.270	274.650
Valdivia	840	494.070	370.550	345.850
Osorno	922	508.600	381.460	356.020
Pto. Montt	1044	624.850	468.640	437.390
Coyhaique	2013	1.671.110	1.253.340	1.169.780
Castro	1186	824.500	618.380	577.150

INGRESO	KMTS.	CAMION 1,2,8, TONELADAS
Concepción	86	87.180
Valdivia	50	68.010
RETORNO 50% de la Tarifa		

ZONA NORTE

REGIONAL	KMTS.	CAMION 8 TNS.	CAMION 2 TNS.	CAMIONETA O SIMILAR
Illapel	286	261.570	196.170	183.090
La Serena	475	363.290	272.470	254.300
Vallenar	663	435.940	326.960	305.160
Copiapó	807	508.600	381.460	356.020
Antofagasta	1377	682.980	512.240	478.090
Calama	1566	799.230	599.430	559.460
Iquique	1861	871.880	653.910	610.320

INGRESO	KMTS.	CAMION 1,2,8, TONELADAS
Illapel	76	72.660
RETORNO 50% de la Tarifa		

TARIFA TRANSPORTE AÑO 2005

ZONA CENTRAL

REGIONAL	KILOMETRO	CAMION 8 TNS.	CAMION 2 TNS.	CAMIONETA - SIMILAR
Viña del Mar	120	188.910	141.690	132.210
San Felipe	124	188.910	141.690	132.210
Los Andes	77	116.250	87.190	81.370
Retorno 50% Tarifa				

CASA CENTRAL - H.T.S. - POLI EMPRESAS

Departamento operación y explotación de sistemas: reposición de formularios continuos y otros.	19.180
Departamento capacitación y publicaciones (bodega 40). reposición de material audiovisual , otros.	19.180
Casa Central: reposición insumos de stock, distribución a distintos Departamentos y pisos de edificios A - B - C.	43.590
Casas anexas, edificio Vicuña Mackenna 202, sala cuna, deportes y recreación, subsidios, prestaciones económicas, pensiones, laboratorio de higiene industrial.	19.180
Policlínicos empresas de ACHS: equipamiento sala de primeros auxilios y oficinas.	19.180
Flete mínimo en camioneta: Casa Central, Hospital, edificios, Vicuña mackenna 200.	11.190

Terminales de carga: despacho insumos de stock, consumos directos Norte y Sur	
Ladeco - Lan - Vermont - Air Cargo - Saturno - Cargomas - Pullman Express Cruz del Sur - Lit - Trannsmax - Condor Bus - Buses del Sur - (Uno o dos terminales)	11.190

NOTA: Valores considerados desde Bodega Central como punto de origen, Valores reajustados a contar del 1º de Febrero del año 2005

ANEXO: FLETES HOSPITAL DEL TRABAJADOR DE SANTIAGO

SECCIONES	DESCRIPCION	VALORES
BODEGA 06	Traspaso sueros	43.590
BODEGA 08	Traspaso sueros	62.770

Anexo B: Comparación de alternativas de proveedor logístico para Droguería.

Tabla B.1 Caracterización reparto Metropolitano

Lugar	Bultos Prom por viaje	Costo Prom por viaje	Viajes Prom mensuales
ALAMEDA	1,6	3480	4,3
BUIN	1,7	3868	4,3
COLINA	1,3	3507	4,3
EGAÑA	2,7	4380	4,7
LA FLORIDA	2,8	4677	4,0
LA REINA	1,0	3447	4,3
LAS CONDES	2,5	4142	4,7
MAIPU	2,3	3922	4,0
MELIPILLA	2,0	26783	1,3
P.LAS AMERICAS	3,1	4344	4,0
PAINE	1,1	3326	3,7
PEÑAFLO	3,5	10123	0,7
PUENTE ALTO	2,4	4602	4,3
QUILICURA	1,4	3510	4,3
SAN BERNARDO	2,1	3170	4,0
SAN MIGUEL	1,1	3123	4,0
SANTIAGO - CENTRO	3,6	5345	3,7
TALAGANTE	3,0	7992	0,7
VESPUCIO OESTE	1,8	3822	4,3
Promedio	2,2	5661	3,7
Desv. Estandar	0,82	5406	1,27

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.2: Costos por regional

	Bultos Promedio por viaje	Costo Actual mensual sin IVA(\$)
Arica	1,2	33.876
Iquique	1,1	30.019
antofagasta	2,7	79.247
calama	2,1	62.050
La Serena	2,2	47.841
Ovalle	2,0	26.193
Valparaiso	1,5	27.698
Viña del Mar	1,6	29.702
San Antonio	1,3	7.611
Los Andes	2,2	11.564
San Felipe	2,0	10.667
San Javier	1,0	12.850
Linares	1,2	19.802
Curico	2,3	26.806
La Union	1,0	12.696
Osorno	2,0	28.070
Valdivia	4,0	39.167
Llanquihue	1,5	13.206
Castro	2,3	16.834
Pto Aysen	1,3	46.238
Coyhaique	1,3	25.448
Punta Arenas	7,0	15.872
		623.456

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.3: Simulación Reparto Metropolitano, Chilexpress

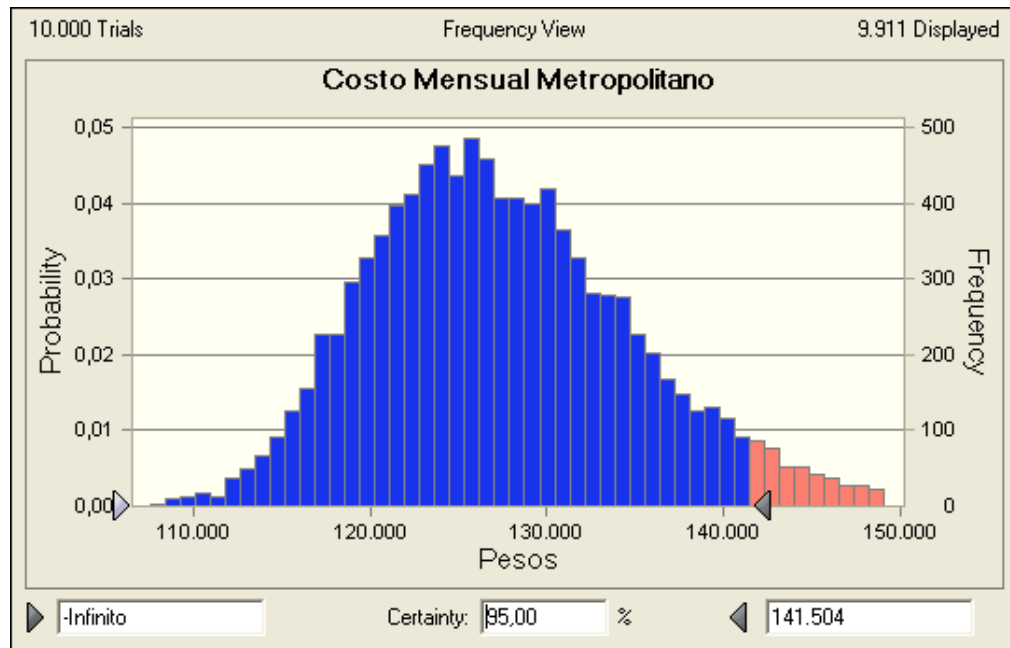
Lugar	Bultos Prom por viaje	Viajes Prom mensuales	Kilos por Bulto	Kilos por Viaje	Costo a pagar por viaje (\$)	Total a pagar mensual (\$)
ALAMEDA	1,6	4,3	4	6,46	1.767	7.657
BUIN	1,7	4,3	4	6,77	1.767	7.657
COLINA	1,3	4,3	4	5,23	1.664	7.211
EGANA	2,7	4,7	4	10,86	2.038	9.511
LA FLORIDA	2,8	4,0	4	11,00	2.038	8.152
LA REINA	1,0	4,3	4	4,00	1.664	7.211
LAS CONDES	2,5	4,7	4	10,00	2.038	9.511
MAIPU	2,3	4,0	4	9,00	1.767	7.068
MELIPILLA	2,0	1,3	4	8,00	1.767	2.356
P.LAS AMERICAS	3,1	4,0	4	12,33	2.038	8.152
PAINE	1,1	3,7	4	4,36	1.664	6.102
PEÑAFLO	3,5	0,7	4	14,00	2.038	1.359
PUENTE ALTO	2,4	4,3	4	9,54	1.767	7.657
QUILICURA	1,4	4,3	4	5,54	1.664	7.211
SAN BERNARDO	2,1	4,0	4	8,33	1.767	7.068
SAN MIGUEL	1,1	4,0	4	4,33	1.664	6.656
SANTIAGO - CENTRO	3,6	3,7	4	14,55	2.038	7.473
TALAGANTE	3,0	0,7	4	12,00	2.038	1.359
VESPUCIO OESTE	1,8	4,3	4	7,38	1.767	7.657
					Total	127.024

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla, el parámetro “Kilos por bulto” se asume como constante e igual al promedio 4,01342 kilos por bulto.

Como la tarifa a cobrar por Chilexpress es fija dependiendo del tramo de peso en que se encuentre la encomienda a transportar, se construyó la columna “Costo a pagar por viaje”, que es el total que se debe cancelar dado el peso que se está transportando en ese viaje.

Figura B.1: Distribución de la Simulación de Costo mensual de Reparto
Metropolitano Chilexpress



Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, el Costo Mensual Metropolitano de distribución de medicamentos con el operador Chilexpress será menor a \$141.504 con un 95% de certeza, y será menor al costo promedio actual en un 100% de las veces.

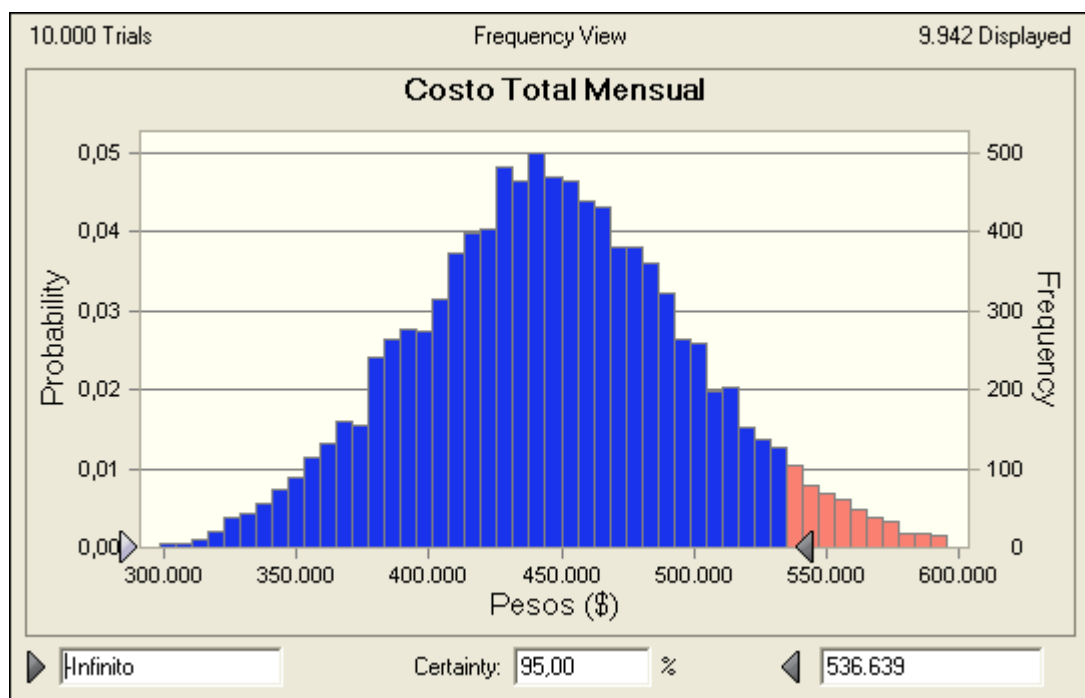
Tabla B.4: Simulación mensual Reparto Regional, Chilexpress

	Bultos Promedio por viaje	Viajes mensuales	Kilos por bulto	Kilos por viaje	Costo a pagar por viaje sin IVA (\$)	Total a pagar Mensual sin IVA (\$)
Arica	1,2	3,7	4	4,7	12424	45.556
Iquique	1,1	2,3	4	4,6	12424	28.990
antofagasta	2,7	4,3	4	10,8	19988	86.613
calama	2,1	2,3	4	8,6	19333	45.111
La Serena	2,2	5,0	4	8,8	5301	26.504
Ovalle	2,0	2,7	4	8,0	5301	14.135
Valparaiso	1,5	5,0	4	6,1	4768	23.839
Viña del Mar	1,6	5,0	4	6,4	4768	23.839
San Antonio	1,3	1,3	4	5,0	3581	4.774
Los Andes	2,2	2,0	4	8,7	4768	9.536
San Felipe	2,0	1,7	4	8,0	4768	7.946
San Javier	1,0	1,0	4	4,0	3833	3.833
Linares	1,2	3,3	4	4,8	3833	12.777
Curico	2,3	4,3	4	9,2	4983	21.592
La Union	1,0	2,7	4	4,0	4646	12.390
Osorno	2,0	4,0	4	8,0	5404	21.614
Valdivia	4,0	3,0	4	16,0	5936	17.809
Llanquihue	1,5	2,7	4	6,0	5721	15.257
Castro	2,3	2,3	4	9,0	5721	13.350
Pto Aysen	1,3	1,0	4	5,3	12107	12.107
Coyhaique	1,3	1,0	4	5,3	12107	12.107
Punta Arenas	7,0	0,3	4	28,0	44397	14.799
Total						474.480

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el caso de las Agencias Metropolitanas, en la tabla se aprecia el costo mensual tomando en cuenta el precio promedio de 4,01342 kilos por bulto. Además, se utilizó el mismo supuesto de que el 90% de los casos se debe enviar un bulto a tarifa Overnight que es un 50% sobre la tarifa base y que asegura una entrega antes de las 10 de la mañana del día siguiente.

Figura B.2: Distribución Simulación de Costo mensual Reparto Regional Chilexpress



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, el Costo Mensual de Reparto de Medicamentos a Regionales será menor a \$536.639 en una certeza del 95% y será menor al costo mensual actual promedio el 99,81% de las veces.

Tabla B.5: Resumen Comparación Traslado de Medicamentos Metropolitano

Lugar	Costo mensual Actual (\$)	Servicio Actual	Costo Mensual Chilexpress(\$)	Servicio Chilexpress
ALAMEDA	15.081	Retiro en Droguería, Entrega en agencia. Traslado en Transporte tipo Van. Entrega al día siguiente (no se tiene certeza de la hora). Cobro por viaje realizado a grupo de agencias (se paga lo mismo por 1 o 10 bultos).	7.657	Retiro en Droguería, Entrega en Agencia. Entrega al día siguiente (antes de las 6 de la tarde). Posibilidad de entrega antes de las 11 de la mañana del día siguiente. Servicio de Tracking, permite rastreo del bulto y saber quien recepcionó
BUIN	16.763		7.657	
COLINA	15.198		7.211	
EGAÑA	20.440		9.511	
LA FLORIDA	18.707		8.152	
LA REINA	14.936		7.211	
LAS CONDES	19.331		9.511	
MAIPU	15.687		7.068	
MELIPILLA	35.710		2.356	
P.LAS AMERICAS	17.374		8.152	
PAINE	12.194		6.102	Se Cobra por kilo y en rangos por lo que transportar 1 bulto es más barato que transportar 10
PEÑAFLO	6.749		1.359	
PUENTE ALTO	19.942		7.657	
QUILICURA	15.212		7.211	
SAN BERNARDO	12.679		7.068	
SAN MIGUEL	12.490		6.656	
SANTIAGO - CENTRO	19.599		7.473	
TALAGANTE	5.328		1.359	
VESPUICIO OESTE	16.564		7.657	
Total	309.983		127.024	

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.6: Resumen Comparación Traslado de Medicamentos Regional

	Costo Actual mensual sin IVA(\$)	Servicio Actual	Total a pagar Mensual sin IVA (\$)	Servicio Chilexpress
Arica	33.876	Se retira el bulto en Droguería. Se lleva a Terminal de buses. Se hace entrega a la empresa de buses que la regional haya decidido. El bus lleva el bulto hacia su terminal de buses regional. El bulto es trasladado del terminal a la regional	45.556	Se retira el bulto en Droguería. El bulto se entrega en la puerta de la regional. No hay traspaso de una empresa a otra. La entrega es al día siguiente antes de las 18 hrs o 11 hrs en caso de Overnight. Se cancela por kilo transportado y por destino
Iquique	30.019		28.990	
antofagasta	79.247		86.613	
calama	62.050		45.111	
La Serena	47.841		26.504	
Ovalle	26.193		14.135	
Valparaiso	27.698		23.839	
Viña del Mar	29.702		23.839	
San Antonio	7.611		4.774	
Los Andes	11.564		9.536	
San Felipe	10.667		El Pago se realiza a distintas entidades: el transporte de la Droguería al terminal de buses es fijo dependiendo del número de terminales a visitar. La tarifa de la empresa de buses es variable por kilo. La tarifa del terminal regional a la regional se desconoce	
San Javier	12.850	3.833		
Linares	19.802	12.777		
Curico	26.806	21.592		
La Union	12.696	12.390		
Osorno	28.070	21.614		
Valdivia	39.167	17.809		
Llanquihue	13.206	15.257		
Castro	16.834	13.350		
Pto Aysen	46.238	12.107		
Coyhaique	25.448	12.107		
Punta Arenas	15.872	14.799		
	623.456		474.480	

Fuente: Elaboración propia

Anexo C: Parámetros para cada uno de los clusters

Cluster	Peso [Kg]	Volumen [m ³]	DDDA TOT	Factor de Criticidad
i1	0,08	0,00047	341	0
i2	0,18	0,00114	740	0
i3	0,02	0,00008	840	0
i4	0,04	0,00030	4.565	0
i5	0,31	0,00123	487	0
i6	0,41	0,00546	689	0
i7	0,05	0,00037	8.782	0
i8	0,48	0,00236	10.404	0
i9	0,53	0,00143	560	0
i10	0,70	0,00814	1.543	0
i11	1,02	0,00293	1.040	0
i12	1,51	0,00471	257	0
i13	1,00	0,01405	339	0
i14	0,05	0,00077	14.147	0
i15	0,05	0,00032	19.887	0
i16	0,70	0,00203	26.360	0
i17	0,04	0,00013	26.136	0
i18	0,02	0,00030	36.253	0
i19	5,01	0,01138	107	0
i20	2,47	0,00577	4.058	0
i21	2,50	0,07000	34.390	0
i22	2,20	0,00315	21.608	0
i23	2,00	0,00669	95	0
i24	0,03	0,00016	70.868	0
i25	0,01	0,00003	56.578	0
i26	0,02	0,00040	46.160	0
i27	0,01	0,00006	89.409	0
i28	0,01	0,00005	238.316	0
i29	0,01	0,00001	341.093	0
i30	0,01	0,00006	184.295	0
i31	0,01	0,00001	155.985	0
i32	0,02	0,00003	140.188	0
i33	1,00	0,01250	54.900	0
i34	4,03	0,00542	100	0
i35	4,50	0,01800	388	0
i36	5,00	0,10800	112	0
i37	6,00	0,01469	66	0

Cluster	Peso [Kg]	Volumen [m ³]	DDDA_TOT	Factor de Criticidad
i38	5,00	0,00080	69	0
i39	8,00	0,00364	86	0
i40	9,00	0,06125	50	0
i41	12,00	0,03638	187	0
i42	12,00	0,01485	249	0
i43	20,00	0,60000	34	0
i44	20,00	0,90000	32	0
i45	6,00	0,40000	76	0
i46	4,00	0,36000	160	0
i47	50,00	0,03600	21	0
i48	30,00	0,02000	54	0
i49	5,00	0,28800	25	0
i50	3,00	0,26460	28	0
i51	12,00	0,25600	371	0
i52	0,30	0,12600	55	0
i53	7,00	0,05000	40	0
i54	25,00	0,00071	23	0
i55	3,00	0,00595	103	0
i56	0,00	0,00000	299.009	0
i57	0,01	0,00002	1.895.328	0
i58	0,01	0,00001	434.521	0
i59	1,00	0,02700	55	0
i60	0,45	0,04441	338	0
i61	3,00	0,05563	120	0
i62	0,50	0,09000	336	0
i63	2,00	0,02258	1.171	0
i64	2,00	0,02700	20.480	0
i65	4,00	0,06125	205	0
i66	4,00	0,10500	46	0
i67	8,00	0,05063	73	0
i68	0,04	0,00016	10.095	1
i69	5,50	0,06300	1.218	1
i70	6,00	0,00750	63	1
i71	0,05	0,00045	725	1
i72	0,03	0,00028	30.565	1
i73	2,00	0,02400	32	1
i74	3,50	0,03000	10.400	1
i75	0,05	0,00023	111.449	1

Fuente: Elaboración propia

Anexo D: Destinos agrupados para cada uno de los modelos

Modelo Norte	
Destino	Ciudades agrupadas
1	La Calera, La Ligua, Cabildo
2	Illapel, Los Vilos
3	La Serena, Ovalle, Coquimbo
4	Vallenar
5	Copiapó, El Salvador, Los Loros, Chañaral, Caldera
6	Antofagasta
7	Calama
8	Iquique

Fuente: Elaboración propia

Modelo Sur	
Destino	Ciudades agrupadas
1	Curicó
2	Talca, San Javier, Linares
3	Parral, Chillán
4	Los Ángeles, Cabrero, Angol, Mulchen
5	Temuco
6	Valdivia
7	Osorno, La Unión
8	Puerto Montt, Castro

Fuente: Elaboración propia

Modelo Concepción Rancagua	
Destino	Ciudades agrupadas
1	Rancagua
2	Concepción

Fuente: Elaboración propia

Modelo Centro	
Destino	Destinos Agrupados
1	Casa Central
2	Hospital del Trabajador
3	Viña del Mar, Valparaíso, Quilpué, Curacaví
4	San Felipe, Los Andes
5	Peñaflor, Talagante, Melipilla
6	San Antonio
7	Egaña, La Reina, Las Condes
8	P. Las Américas, Colina, Vespucio Norte, Quilicura
9	San Bernardo, Pte. Alto, La Florida, Buin, Paine
10	Stgo. Centro, Alameda, Maipú, San Miguel

Fuente: Elaboración propia

Anexo E: Inventarios Promedio y Variable de insatisfacción promedio por modelo

Inventario Promedio Modelo Norte

Cluster	Destinos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	4	75	3	162	141	64	28
2	0	0	143	20	176	79	65	248
3	0	205	370	14	303	136	39	528
4	0	1	1092	255	585	923	153	128
5	0	0	25	2	80	41	17	6
6	0	1	9	2	15	14	17	10
7	0	0	672	38	256	338	413	477
8	0	0	47	14	78	30	16	33
9	0	0	31	0	37	40	11	41
10	0	0	0	0	6	3	98	0
11	0	0	21	4	14	20	16	77
12	0	0	13	1	1	16	3	8
13	0	0	1	0	0	1	1	0
14	0	0	286	52	135	230	280	464
15	0	0	700	144	726	703	254	68
16	0	0	19	0	58	15	22	22
17	0	46	473	160	687	736	488	166
18	0	10	779	20	370	648	300	248
19	0	0	2	0	1	3	0	2
20	0	0	5	2	90	12	3	4
21	0	0	0	5	2	3	0	0
22	0	0	23	23	14	48	10	25
23	0	0	1	0	1	1	0	1
24	0	0	708	68	667	1127	170	541
25	0	0	707	244	342	749	235	327
26	0	0	381	25	1046	891	372	10
27	0	0	240	0	147	68	171	124
28	0	0	2571	479	636	3844	841	811
29	0	0	1957	0	104	0	163	0
30	0	0	1567	8	903	5182	2990	3813
31	0	0	700	174	343	3635	211	56
32	0	0	3151	0	2054	127	94	15
33	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	1	2	1	4	6	0
35	0	0	0	0	1	0	2	0
36	0	0	0	0	0	0	12	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	1	0	0	0	0	0
42	0	0	1	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	1	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	2	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	1	0	0	0
56	0	0	0	0	859	1427	0	0
57	0	0	6958	688	500	12534	2792	14125
58	0	0	4896	630	500	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	108	1	189	191	604	92
69	0	0	0	0	21	0	0	12
70	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	3	61	1	106	20	6	60
72	0	0	6	0	79	7	130	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	58	0	60	31	23	248

Fuente: Elaboración propia

Variable de Insatisfacción Promedio Modelo Norte

Cluster	Destino							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	4	0	7	3	56	5	4	1
2	8	0	18	7	51	3	6	1
3	49	16	0	8	115	0	12	7
4	31	1	22	72	268	0	21	1
5	8	0	3	2	57	2	2	0
6	3	0	3	1	8	1	3	0
7	46	0	48	20	112	0	29	8
8	8	0	7	4	33	2	4	0
9	8	0	4	2	32	2	6	1
10	0	0	0	2	2	2	17	0
11	2	0	5	2	7	1	2	1
12	1	0	3	0	0	2	1	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	12	0	26	16	135	12	19	8
15	35	0	39	38	236	0	43	3
16	0	0	5	2	27	1	3	1
17	44	19	0	52	423	0	95	2
18	60	1	7	11	218	0	34	8
19	0	0	0	0	1	0	0	0
20	6	0	1	0	27	1	0	0
21	0	0	3	16	6	1	2	0
22	1	0	5	16	4	2	1	1
23	0	0	0	0	0	0	0	0
24	69	0	0	33	322	0	47	9
25	85	0	0	80	171	0	37	9
26	23	0	24	4	295	0	55	1
27	4	0	0	0	181	0	66	1
28	88	0	0	146	190	0	176	58
29	0	0	0	0	52	0	15	0
30	10	0	0	2	667	0	375	42
31	25	0	0	117	171	0	45	1
32	0	0	0	0	654	0	10	1
33	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	1	1	0	1	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	1	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	1	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	6	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	379	0	0	0
57	42	0	0	156	125	0	313	146
58	0	0	0	214	125	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0
68	3	0	0	1	66	0	86	1
69	0	0	0	0	8	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	3	43	0	1	2
72	0	0	0	0	40	0	16	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	43	0	3	8

Fuente: Elaboración propia

Inventario Promedio Modelo Sur

Cluter	Destino							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	16	28	27	36	1165	102	195	375
2	33	28	50	48	1073	135	291	387
3	150	92	97	58	1933	440	366	699
4	45	112	123	139	2322	282	781	881
5	10	13	39	44	692	27	126	222
6	5	6	14	3	27	15	19	16
7	24	230	290	113	532	237	368	313
8	39	10	34	44	320	168	143	169
9	6	11	51	26	971	151	55	301
10	0	0	0	0	5	0	12	4
11	9	20	37	22	403	62	26	128
12	1	4	3	8	79	7	26	30
13	1	0	0	0	2	0	1	1
14	102	190	111	83	1034	369	730	554
15	61	208	68	224	615	772	666	569
16	15	35	49	7	181	55	15	65
17	175	255	211	251	1497	676	554	745
18	164	228	178	176	1407	1308	1587	1120
19	0	1	0	1	0	44	5	13
20	1	10	11	32	52	43	53	45
21	0	1	0	1	0	0	0	0
22	5	20	13	5	404	22	0	108
23	1	1	1	1	2	5	96	26
24	78	282	352	345	1646	876	671	885
25	131	150	246	214	5650	467	784	1779
26	29	43	60	52	646	284	367	337
27	77	99	134	132	712	658	273	444
28	0	21	75	345	1842	1440	1837	1366
29	257	927	39	540	12208	186	3167	4025
30	115	250	432	428	3880	401	552	1315
31	71	233	0	8	1490	117	0	404
32	26	0	38	0	7	1656	2350	1003
33	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1	2	25	1	0	11	125	34
35	61	1	0	0	104	12	1	29
36	0	0	0	0	0	0	0	0
37	2	0	0	0	3	0	0	1
38	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	1	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	3	5	7	4
47	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	3	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	2	0	0	1
55	0	4	1	2	0	0	29	8
56	0	0	833	0	0	0	0	0
57	1313	1834	625	1762	9190	11253	5115	6830
58	188	6250	83	531	1167	0	208	477
59	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	1	2	0	3	2
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	6	2
64	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0
68	22	69	132	539	685	141	142	377
69	0	0	0	0	31	1	8	10
70	0	0	0	5	10	0	0	4
71	16	27	43	32	541	158	88	205
72	5	12	30	85	239	61	30	104
73	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0
75	12	16	35	28	414	294	71	202

Fuente: Elaboración propia

Variable de Insatisfacción Promedio Modelo Sur

Cluster	Destinos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	9	19	33	65	30	21	7	31
2	17	13	26	23	25	14	7	17
3	69	64	125	42	41	46	31	40
4	19	60	133	155	57	55	21	72
5	5	10	53	78	15	6	17	29
6	2	4	5	2	5	1	2	3
7	11	151	373	45	18	23	20	27
8	21	6	15	17	20	19	7	16
9	3	5	43	14	17	29	3	16
10	0	0	0	0	1	0	1	1
11	4	8	43	14	7	7	1	7
12	0	4	4	10	2	4	4	5
13	1	0	0	0	1	0	0	0
14	52	118	40	36	108	28	31	51
15	47	137	34	90	15	68	15	47
16	8	18	29	5	6	6	1	5
17	73	126	87	96	28	72	22	55
18	70	114	69	86	70	141	40	84
19	0	0	0	0	0	6	0	2
20	1	3	3	10	2	4	5	5
21	0	1	0	1	0	0	0	0
22	3	15	4	2	23	2	0	7
23	0	1	0	0	1	1	16	5
24	42	160	165	196	45	75	24	85
25	66	94	119	96	147	38	33	79
26	20	27	29	30	28	16	11	21
27	33	54	56	53	11	58	8	33
28	0	10	38	171	78	77	69	99
29	144	590	15	272	0	9	111	98
30	52	148	195	177	2	33	16	57
31	67	116	0	6	0	19	0	6
32	24	0	17	0	0	99	169	67
33	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	1	32	0	0	4	9	3
35	16	0	0	0	3	4	0	2
36	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	2	1	1
47	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	1	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	7	1	3	0	0	2	1
56	0	0	583	0	0	0	0	0
57	563	1292	307	627	25	834	167	413
58	63	3750	42	323	0	0	16	85
59	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	2	1	0	1	1
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	1	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0
68	22	61	69	293	10	28	5	84
69	0	0	0	0	7	0	0	2
70	0	0	0	1	0	0	0	0
71	9	28	57	33	15	21	4	18
72	4	7	17	40	0	4	1	11
73	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0
75	13	14	20	12	3	24	3	11

Fuente: Elaboración propia

Inventario Promedio Modelo Concepción Rancagua

Cluster	Destino	
	1	2
1	726	4538
2	484	534
3	1035	1351
4	3466	13398
5	174	5520
6	155	139
7	1841	14214
8	300	846
9	171	1256
10	15	0
11	102	460
12	63	498
13	4	8
14	2085	1840
15	1755	1965
16	519	363
17	4520	3430
18	3279	5914
19	5	18
20	68	599
21	0	138
22	64	141
23	7	6
24	3706	25127
25	3709	24443
26	1752	3150
27	1479	3035
28	8549	11286
29	9529	14113
30	4270	5180
31	0	60
32	4765	1321
33	0	0
34	2	83
35	10	40
36	0	0
37	0	0
38	0	4
39	0	4
40	0	0
41	0	2
42	2	2
43	0	0
44	0	0
45	0	0
46	2	97
47	0	5
48	0	0
49	0	0
50	0	0
51	0	0
52	0	0
53	0	0
54	1	0
55	4	28
56	386988	16775
57	9550	34035
58	2995	825
59	0	0
60	9	229
61	0	2
62	2	0
63	1	0
64	0	3
65	0	0
66	0	0
67	1	1
68	749	4274
69	17	2
70	0	0
71	442	813
72	257	1784
73	0	0
74	0	0
75	648	1172

Fuente: Elaboración propia

Variable de Insatisfacción Promedio Modelo Concepción-Rancagua

Cluster	Destino	
	1	2
1	3	5
2	19	68
3	0	0
4	0	0
5	6	309
6	11	13
7	16	0
8	14	32
9	7	25
10	2	0
11	5	51
12	4	48
13	0	1
14	67	44
15	15	0
16	22	19
17	0	0
18	0	0
19	0	2
20	5	27
21	0	413
22	8	3
23	1	1
24	0	0
25	0	0
26	14	58
27	0	0
28	0	0
29	0	0
30	0	0
31	0	0
32	0	0
33	0	0
34	0	25
35	1	8
36	0	0
37	0	0
38	0	0
39	0	0
40	0	0
41	0	0
42	0	0
43	0	0
44	0	0
45	0	0
46	0	14
47	0	1
48	0	0
49	0	0
50	0	0
51	0	0
52	0	0
53	0	0
54	0	0
55	0	6
56	0	0
57	0	0
58	0	0
59	0	0
60	1	4
61	0	0
62	0	0
63	0	0
64	0	1
65	0	0
66	0	0
67	0	0
68	0	0
69	2	0
70	0	0
71	0	0
72	0	0
73	0	0
74	0	0
75	0	0

Fuente: Elaboración propia

Inventario Promedio Modelo Centro

Cluster	Destinos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	6	208	1	1	2	0	5	2	0	3
2	0	270	1	9	0	0	8	2	0	1
3	14	796	8	0	17	0	2	3	1	6
4	135	824	31	198	3	0	33	5	4	35
5	1	89	2	5	1	1	1	1	1	0
6	2	200	0	11	2	0	0	0	1	0
7	13	796	18	35	3	0	9	3	0	15
8	98	578	2	0	0	0	0	1	2	0
9	25	41	4	4	1	0	5	2	1	1
10	0	642	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	710	4	1	5	0	2	7	0	12
12	1	48	0	1	2	0	0	0	0	0
13	0	82	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	662	13	58	9	0	1	8	6	5
15	8	1048	153	115	2	0	30	7	11	5
16	0	819	1	14	1	0	0	0	0	2
17	3	1035	80	190	21	0	25	12	30	1
18	0	667	64	28	24	0	49	13	80	0
19	0	18	1	0	1	0	0	0	0	0
20	0	790	2	4	2	0	2	1	1	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	6	137	0	4	6	0	1	2	0	0
23	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	1597	42	0	26	0	35	76	252	0
25	20	940	240	0	0	0	55	5	11	0
26	3	526	0	149	11	0	21	9	10	20
27	0	740	11	30	20	0	0	5	6	0
28	0	2200	320	500	60	0	52	25	86	125
29	0	1950	0	0	0	0	0	14	42	0
30	3	1300	0	0	0	0	0	55	0	65
31	0	3700	0	0	0	0	0	0	20	0
32	50	700	0	70	0	0	95	25	0	110
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
35	0	15	0	0	1	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	3300	0	0	0	0	50	0	0	0
58	0	1600	0	0	0	0	50	0	0	0
59	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
62	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0
63	25	0	0	0	0	0	14	0	0	0
64	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	214	8	29	20	1	0	1	0	3
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	248	0	12	9	0	0	0	0	1
72	0	175	0	0	0	0	0	3	0	0
73	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	74	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	780	0	0	0	0	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Variable de Insatisfacción Promedio Modelo Centro

Cluster	Destinos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	135	0	2	0	19	0	10	13	9	9
2	7	0	17	1	9	2	21	3	7	9
3	54	0	11	4	7	1	5	7	12	13
4	507	0	7	0	47	3	32	20	16	46
5	60	0	0	0	3	0	2	1	2	6
6	14	0	0	1	2	0	0	1	1	2
7	75	0	57	0	16	0	19	37	17	28
8	103	0	2	5	5	1	8	2	6	11
9	12	0	1	1	8	0	4	3	5	5
10	0	3	0	0	0	0	0	1	2	1
11	16	0	2	0	6	0	2	4	9	10
12	3	0	1	0	0	0	1	0	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	86	0	1	0	22	5	13	22	25	163
15	35	0	14	5	64	1	55	50	31	78
16	0	0	0	0	2	0	1	2	2	0
17	96	0	13	3	16	8	72	312	77	140
18	2	0	55	0	129	0	110	85	58	74
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	10	0	4	1	3	0	3	3	9	8
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	37	0	3	1	1	0	4	1	3	5
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	100	0	75	5	57	0	98	115	149	183
25	74	0	115	8	32	6	156	20	167	141
26	313	0	48	0	45	0	7	9	40	99
27	0	0	5	0	45	0	12	6	38	19
28	270	0	130	0	87	25	115	72	424	114
29	0	0	0	0	30	35	0	73	563	20
30	343	0	50	200	50	0	200	100	200	400
31	2050	0	0	0	125	5	20	0	0	25
32	490	0	0	0	0	0	805	0	295	320
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0
57	1200	0	200	0	700	100	500	1500	1200	600
58	200	0	0	0	0	50	0	0	100	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	5	0	2	0	8	7	5	2
69	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	1	0	0	1	4	5
72	0	0	0	0	3	0	2	10	5	12
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	3	5	0	1	1	4	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo F: extracto de Programación en GAMS, Modelo Norte

* Modelo Norte, Primavera 2006

option LIMCOL=0,LIMROW=0;

\$offlisting

* DEFINICION DE LOS CONJUNTOS

Sets

t periodos /t1*t24/

i productos /i1*i75/

j destinos /j1*j8/

r rutas /r1*r13/

;

Parameters

PesoMax(r) PESO MAXIMO CAMION RUTA R. [L]

/

r1 8000

r2 8000

r3 8000

r4 8000

r5 8000

r6 8000

r7 8000

r8 8000

r9 8000

r10 8000

r11 8000

r12 8000

r13 8000

/

CAP(j) Capacidad destino j

/

j1 21366632.87

j2 21366632.87

j3 21366632.87

j4 21366632.87

j5 21366632.87

j6 151348287.1

j7 21366632.87

j8 21366632.87

	VolMax(r)	VOLUMEN MAXIMO CAMION RUTA R
/		
/		
r1	42000000	
r2	42000000	
r3	42000000	
r4	42000000	
r5	42000000	
r6	42000000	
r7	42000000	
r8	42000000	
r9	42000000	
r10	42000000	
r11	42000000	
r12	42000000	
r13	42000000	

	C(r)	COSTO RUTA R
/		
/		
r1	261570	
r2	435950	
r3	363290	
r4	508600	
r5	435940	
r6	581260	
r7	508600	
r8	755640	
r9	682980	
r10	871890	
r11	799230	
r12	944540	
r13	871880	
/		

	Peso(i)	Peso Producto i
/		
i1	0.076103758	
i2	0.175844017	
i3	0.016335424	
i4	0.03669785	
.		
.		
.		
.		
.		
i69	5.5	
i70	6	
i71	0.049695926	
i72	0.033333334	

i73 2
 i74 3.5
 i75 0.05

/

Vol(i) Volumen Prod i

/

i1 471.2735915
 i2 1137.284359
 i3 81.80536855
 i4 300.2444611

.
 .
 .

i69 63000
 i70 7500
 i71 450.7346296
 i72 275
 i73 24000
 i74 30000
 i75 225

/

Table G(i,j) Costo de Insatisfaccion prod i en j

/

	j1	j2	j3	j4	j5	j6	j7	j8	
i1	0.5	0.5	0.5	2.5	2.5	2.5	0.5	2.5	0.5
i2	0.5	0.5	0.5	2.5	2.5	2.5	0.5	2.5	0.5
i3	0.5	0.5	0.5	2.5	2.5	2.5	0.5	2.5	0.5
i4	0.5	0.5	0.5	2.5	2.5	2.5	0.5	2.5	0.5
i69	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	2.5	4.5	2.5	
i70	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	2.5	4.5	2.5	
i71	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	2.5	4.5	2.5	
i72	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	2.5	4.5	2.5	
i73	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	2.5	4.5	2.5	
i74	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	2.5	4.5	2.5	
i75	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	2.5	4.5	2.5	

/

Table CostBod(i,j) costo de mantener producto i en destino j

	j1	j2	j3	j4	j5	j6	j7	j8	
i1	100	100	0.15254	100	100	0.06613	100	100	
i2	100	100	0.36812	100	100	0.15957	100	100	
i3	100	100	0.02648	100	100	0.01148	100	100	

i4	100	100	0.09719	100	100	0.04213	100	100
i69	100	100	20.39226	100	100	8.83965	100	100
i70	100	100	2.42765	100	100	1.05234	100	100
i71	100	100	0.14590	100	100	0.06324	100	100
i72	100	100	0.08901	100	100	0.03859	100	100
i73	100	100	7.76848	100	100	3.36749	100	100
i74	100	100	9.71060	100	100	4.20936	100	100
i75	100	100	0.07283	100	100	0.03157	100	100

Table D(i,j,t) Demanda del Prod i en el destino j en semana t

	t1*t4	t5*t8	t9*t12	t13*t16	t17*t20	t21*t24
i1.j1	0.5	4.5	6	4.25	5.25	6.25
i2.j1	2.5	6.5	4.5	5	6.75	21.75
i3.j1	14.25	27.25	37.5	55	79.25	80.75
i73.j8	0	0	0	0	0	0
i74.j8	0	0	0	0	0	0
i75.j8	50.5	47.5	12.5	37.5	0	150

* DEFINICION DE VARIABLES

Variables

- Cto_Trans costo transporte
- Cto_bdg costo bodegaje en destino
- Cto_Insatis costo de demanda insatisfecha

- FObj funcion objetivo

- x(i,j,t) cantidad de producto i a transportar a j en t
- y(i,j,t) cantidad de producto i en el destino j en t
- z(i,t) cantidad de producto i en Bodega Central en t
- f(r,t) si la ruta r sale en la semana t
- w(i,j,t) var aux de insatisfacción por prod i en j en semana t

;

* NATURALEZA DE LAS VARIABLES

Positive variable Cto_Insat ;

Positive variable Cto_Bod ;
 Positive variable Cto_bodg ;
 Positive variable Cto_Trans ;
 Free Variable FObj ;

Positive variable x ;
 Positive variable y ;
 Positive variable z ;
 Positive variable w ;

Binary variable f ;

* DECLARACION DE LAS RESTRICCIONES

Equations

C_BOD	costo bodegas
C_TRAN	costo de transporte
C_INS	costos Insatisfaccion de demanda
func_obj	funcion objetivo
r1 (i,j,t)	mantención del inventario
r2 (j,t)	capacidad de los destinos
r3 (t,r)	capacidad del camión
r4 (t,r)	peso máximo del camión
r5 (i,j,t)	variable de insatisfaccion de dda
CD1 (i,j,t)	relacion entre variables
CD2(i,j,t,r)	relacion entre variables
CD3(i,j,t,r)	relacion entre variables
CD4(i,j,t,r)	relacion entre variables
CD5(i,j,t,r)	relacion entre variables
CD6(i,j,t,r)	relacion entre variables
CD7(i,j,t,r)	relacion entre variables
Rn1(t,r)	no salga todas las semanas

;

* DEFINICION DE LAS RESTRICCIONES

r1(i,j,t) ..
 $y(i, j, t) = y(i, j, t-1) + x(i, j, t) - D(i, j, t)$;

r2(j,t) ..
 $\sum(i, y(i, j, t) * Vol(i)) \leq CAP(j)$;

r3(t,r) ..
 $\sum(j, \sum(i, x(i, j, t) * Vol(i))) \leq VolMax(r)$;

r4(t,r) ..

sum(j, sum(i, x(i,j,t)*Peso(i))) = PesoMax(r) ;

r5(i,j,t) ..

w(i,j,t) =g= D(i,j,t)-y(i,j,t) ;

CD1 (i,j,t) ..

x(i,"j2",t) = (F("r1",t)+ F("r2",t) +F("r4",t)+ F("r6",t)+F("r8",t)+
F("r10",t)+F("r12",t))*1000000000;

CD2(i,j,t,r) ..

x(i,"j3",t)
= (F("r3",t)+F("r4",t)+F("r5",t)+F("r6",t)+F("r7",t)+F("r8",t)+F("r9",t)+F("r10",t)+F("r11",t)+F("r12",t)
)+F("r13",t))*1000000000 ;

CD3(i,j,t,r) ..

x(i,"j4",t) = (F("r4",t)+F("r5",t)+F("r6",t)+F("r7",t)+ F("r8",t)+F("r9",t)+
F("r10",t)+F("r11",t)+F("r12",t)+F("r13",t))*1000000000 ;

CD4(i,j,t,r) ..

x(i,"j5",t) = (F("r6",t)+F("r7",t)+ F("r8",t)+F("r9",t)+ F("r10",t)+F("r11",t)+
F("r12",t)+F("r13",t))*1000000000 ;

CD5(i,j,t,r) ..

x(i,"j6",t) = (F("r8",t)+F("r9",t)+ F("r10",t)+F("r11",t)+F("r12",t)+F("r13",t))*1000000000 ;

CD6(i,j,t,r) ..

x(i,"j7",t) = (F("r10",t)+F("r11",t)+ F("r12",t)+F("r13",t))*1000000000 ;

CD7(i,j,t,r) ..

x(i,"j8",t) = (F("r12",t)+F("r13",t))*1000000000 ;

Rn1 (t,r)..

F(r,t+1) = 1- F(r,t);

* DEFINICION DE LA FUNCION OBJETIVO

C_TRAN ..

Cto_Tran = sum(r, sum(t, (sum(j, sum(i, c(r) * f(r,t)))))) ;

C_BOD ..

Cto_Bodg = sum(t, (sum(j, (sum(i, CostBod(i,j) * y(i,j,t))))));

C_INS ..

Cto_Insat = sum(t, sum(j, (sum(i, g(i,j)*w(i,j,t)))) ;

func_obj ..

FObj = Cto_Tran + Cto_Bodg + Cto_Insat ;

* CREACION Y EJECUCION DEL MODELO

```
MODEL MODELO_Norte / all /;
```

```
SOLVE MODELO_Norte USING MIP MINIMIZING FObj ;  
Option MIP=baron;  
display x.l, y.l, w.l, f.l;
```

* GENERACION DE REPORTE

```
file output /reporteNorte.xls/;
```

```
put output ;  
output.lw=0 ;  
output.nw=0 ;  
output.sw=0 ;  
output.tw=0 ;  
output.nd=0 ;  
output.pw=1000 ;
```

```
put @10, "RESULTADOS"/;  
put @5, ""/;  
put @5, "Funcion Objetivo: ", FObj.l/;  
put @5, ""/;  
loop(j, loop(t ,  
    put @5,(sum(i,y.l(i,j,t)/75)/  
));
```