



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

**OPTIMIZACIÓN DE LA POLÍTICA DE DESPACHO
DE COMPAÑÍA FARMACEUTICA, DESDE CENTRO DE DISTRIBUCIÓN HACIA
LOCALES DE REGIÓN METROPOLITANA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
ANDRÉS PATRICIO GUSTAVO ROJAS RATINOFF**

**PROFESOR GUÍA:
SR. RODOLFO URRUTIA URIBE**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
SR. RICARDO SAN MARTÍN ZURITA
SR. JAIME ZUÑIGA CASTRO**

**SANTIAGO DE CHILE
2014**

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo está enmarcado en el ámbito de la optimización del nivel de flota y mejora en el nivel de servicio de cara al despacho oportuno de productos al cliente. El tema de memoria se desarrolla en Compañía farmacéutica Farmacias Ahumada, específicamente en su Centro de Distribución, el cual debe velar por una correcta logística, almacenamiento y despacho de mercaderías a todos los locales FASA a nivel nacional.

La motivación del presente trabajo de memoria radica en los crecientes costos que implica el transporte de mercaderías para las empresas a nivel nacional. Como ejemplo, se tiene que la compañía posee costos del orden de \$69 MM mensuales por concepto de despacho de mercaderías a locales de Región Metropolitana y a nivel nacional los costos de transporte representan el 1% de las ventas. A su vez, a nivel de RM el porcentaje de utilización de la flota es de un 64%, existiendo traslape geográfico de rutas (cruce de camiones).

El objetivo general del proyecto consiste en el desarrollo de una política de envío de mercaderías desde el Centro de Distribución a locales de RM, la cual considera aspectos como días de abastecimiento, tiempo de traslado entre locales, tiempos de auditoría de pedidos y restricciones de ventanas de tiempo de recepción por local.

En la metodología de trabajo se contempló levantamiento de información, luego construcción de una heurística y modelo matemático con el objetivo de hacer un rediseño en las rutas actuales en pos de disminuir el nivel de flota. Los métodos de resolución utilizados fueron modelo lineal entero mixto (MIP), el cual fue aplicado a una división de RM en 4 zonas debido a la imposibilidad de realizarlo para el total de locales de la región (sobre 200 locales) dada la dimensión del problema, y también heurística de ahorros propuesta por Clarke and Wright. Luego de haber implementado ambas metodologías, se obtuvieron reducciones de costo variable de transporte con respecto al costo total RM del orden de 11,8% para la heurística de ahorros propuesta y 4% para el modelo matemático exacto.

Finalmente, como ejercicio se resolvió una instancia de despacho para el mes de abril 2014, la cual corresponde a 204 locales, 6 días de la semana con demanda variable, flota inicial de 25 camiones y volumen promedio despachado de 320 m³/día. Se concluyó que el nivel óptimo de flota que debe considerar la Compañía es de 23 camiones para dicha instancia.

Dedicado a ti viejita mía, por haber sido una segunda madre ejemplar...

Agradecimientos

Cerrando ya esta etapa en mi vida es inevitable dejar de agradecer a quienes me han entregado su apoyo incondicional en todo este tiempo.

Primero, quiero agradecer a mi familia. Gustavo, padre mío, quien sin muchas palabras, haz logrado transmitirme tus sinceros deseos de bienestar para mi vida. Eliana, madre mía, pilar fundamental en mi vida, que siempre me has entregado amor, comprensión y sabios consejos, realmente valoro la tremenda mujer que has sido, gracias por todo. Javier, hermano, gracias por ser un compañero fiel desde mi nacimiento, por enseñarme la humildad, honestidad y buenos sentimientos, cuenta conmigo siempre. Mami, si bien ya no estás en este mundo, gran parte de lo que soy lo debo a ti viejita mía, eres lo máximo, gracias por criarme y enseñarme a cómo se debe ser en la vida. Cristi, más que tía abuela pareces una prima o amiga, gracias por contagiarme con tu alegría y permitirme conocer a una persona tan sensacional como lo eres tú.

También quiero agradecer a mis amigos, que si bien no son muchos, no necesito más con esa calidad de personas. Hablo de ustedes amigos del colegio y universidad. Mención especial para ti Gonzalo, amigo mío, que has estado en alegrías y dificultades, gracias por apoyarme y escucharme. Eres mi partner.

Quiero también agradecer a la familia de mi polola, tía María José, tío Juan Marcelo, Marcelo, tías, abuelitos y primos, quienes han pasado a ser parte de mi familia. Gracias por hacerme sentir parte de la suya. Los quiero.

Finalmente te quiero agradecer a ti amor mío, que en estos siete años de relación me has entregado todo y más de lo que he deseado y necesitado. Gracias por ser mi compañera fiel, mi partner, mi amiga, mi consejera, mi amante, mi todo. Sin tu apoyo difícilmente estaría donde estoy y sería lo que soy hoy en día. Gracias por permitirme compartir nuestras vidas.

Inevitable es agradecer a todos ustedes por formar parte esencial en mi vida y permitirme hoy en día estar cerrando una etapa y comenzando una venidera.

Una vez más, gracias a todos...

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. <i>Indicadores de interés</i>	1
1.2. <i>Contextualización</i>	2
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	4
2.1. <i>Planteamiento del problema</i>	4
2.1.1. <i>Historia CDD y despacho FASA</i>	4
2.1.2. <i>Áreas y layout CDD</i>	5
2.1.2.1. <i>Área técnica</i>	6
2.1.2.2. <i>Productos por sistema PTL</i>	6
2.1.2.3. <i>Productos por sistema WMS</i>	7
2.1.3. <i>Categoría de productos para despacho</i>	7
2.1.4. <i>Dinámica de despachos CDD</i>	9
2.2. <i>Medidas de desempeño CDD</i>	10
2.2.1. <i>Ventas perdidas</i>	10
2.2.2. <i>Reposición en locales</i>	11
2.2.3. <i>Estado ocupación</i>	11
2.2.4. <i>Reclamos locales</i>	11
2.2.5. <i>Auditoria de bandejas</i>	12
2.2.6. <i>Tasa de ocupación volumétrica de flota</i>	12
2.2.7. <i>Traslape de rutas</i>	13
2.2.8. <i>Calidad actual del servicio entregado a locales</i>	13
2.2.9. <i>Conclusiones de las medidas de desempeño</i>	13
2.3. <i>Justificación del problema</i>	14
3. OBJETIVOS	16
3.1. <i>Objetivo general</i>	16
3.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
4. ALCANCES	17
5. METODOLOGÍA	18
5.1. <i>Levantamiento de la situación actual</i>	18
5.2. <i>Estudio de bibliografía relacionada</i>	18
5.3. <i>Modelamiento</i>	18

5.4.	<i>Resolución del modelo propuesto.....</i>	19
5.5.	<i>Análisis de pros y contras de nueva política de envío a locales</i>	19
6.	<i>DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</i>	20
6.1.	<i>Ventas.....</i>	20
6.1.1.	<i>Niveles de venta y locales por zona geográfica</i>	20
6.1.2.	<i>Niveles de venta en locales Región Metropolitana</i>	20
6.1.3.	<i>Estacionalidad en ventas</i>	22
6.1.3.1.	<i>Estacionalidad dentro de la semana</i>	22
6.1.3.2.	<i>Estacionalidad dentro del día.....</i>	24
6.1.3.3.	<i>Estacionalidad dentro del año.....</i>	25
6.1.4.	<i>Concentración de locales en RM.....</i>	26
6.2.	<i>Locales</i>	27
6.2.1.	<i>Formato de locales</i>	28
6.2.2.	<i>Acceso a locales.....</i>	29
6.2.3.	<i>Tamaños de bodegas.....</i>	29
6.2.4.	<i>Restricción horaria en la recepción de pedidos.....</i>	31
6.2.4.1.	<i>Análisis de despachos actuales versus restricciones horarias</i>	33
6.2.5.	<i>Frecuencia de abastecimiento a locales.....</i>	34
6.3.	<i>Productos.....</i>	35
6.3.1.	<i>Categorías de productos.....</i>	35
6.3.2.	<i>ABC de productos.....</i>	35
6.4.	<i>Contrato.....</i>	36
6.5.	<i>Flota</i>	37
6.5.1.	<i>Características de la flota</i>	37
6.5.2.	<i>Dotación de flota por zona geográfica.....</i>	38
6.5.3.	<i>Utilización de la capacidad volumétrica de la flota</i>	39
6.6.	<i>Rutas</i>	40
6.6.1.	<i>Criterio actual de asignación de nuevo local a ruta</i>	40
6.6.2.	<i>Nivel de servicio (entregas a tiempo).....</i>	40
6.6.3.	<i>Traslape de rutas</i>	42
6.6.4.	<i>Tiempo en ruta</i>	44
6.6.5.	<i>Calidad de rutas actuales.....</i>	45
6.7.	<i>Conclusiones del diagnóstico.....</i>	46
7.	<i>MARCO CONCEPTUAL Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</i>	48

7.1.	<i>Memorias anteriores</i>	48
7.2.	<i>Heurísticas</i>	49
7.2.1.	<i>Tipos de heurísticas para el ruteo de vehículos</i>	50
7.2.1.1.	<i>Algoritmo de ahorros</i>	50
7.2.1.1.1.	<i>Pseudo Código heurística de ahorros</i>	50
7.2.1.2.	<i>Heurísticas de inserción</i>	51
7.2.1.2.1.	<i>Inserción secuencial de Mole and Jameson</i>	51
7.2.1.2.1.1.	<i>Pseudo código Algoritmo de Mole & Jameson</i>	52
7.2.1.2.2.	<i>Inserción en paralelo de Christofides, Mingozzi y Toth</i>	52
7.2.1.2.2.1.	<i>Pseudo código algoritmo algoritmo Christofides, Mingozzi y Toth (Fase 1)</i>	53
7.2.1.2.2.2.	<i>Pseudo código algoritmo algoritmo Christofides, Mingozzi y Toth (Fase 2)</i>	53
7.2.1.3.	<i>Métodos asignar primero - rutear después</i>	54
7.3.	<i>Heurísticas de mejora</i>	54
7.3.1.	<i>Operador λ-intercambio</i>	54
7.3.2.	<i>El operador Or-opt</i>	55
8.	MODELAMIENTO MATEMÁTICO	56
8.1.	<i>Contextualización</i>	56
8.2.	<i>Formulación matemática</i>	57
8.2.1.	<i>Descripción del modelamiento</i>	57
8.2.2.	<i>Modelo matemático</i>	59
8.2.3.	<i>Conjuntos</i>	59
8.2.4.	<i>Parámetros y escalares</i>	59
8.2.5.	<i>Variables</i>	59
8.2.6.	<i>Restricciones</i>	60
8.2.7.	<i>Función Objetivo</i>	63
9.	HEURÍSTICA DE CLRAKE AND WRIGHT	64
9.1.	<i>Descripción heurística</i>	64
9.2.	<i>Pseudo Código heurística de ahorros</i>	65
9.3.	<i>Descripción del procedimiento</i>	65
10.	CALIBRACIÓN DE MODELO Y HEURÍSTICA DE RUTEO DE CLARKE AND WRIGHT	67
10.1.	<i>Velocidad de traslado</i>	67
10.1.1.	<i>Estimación tiempo de traslado con Google Maps</i>	68
10.1.2.	<i>Estimación tiempo de traslado con empresa de GPS</i>	69

10.1.3.	<i>Análisis estimación Google Maps versus proveedor GPS</i>	69
10.2.	<i>Tiempos de auditoría</i>	69
10.3.	<i>Soluciones propuestas en base a calibraciones</i>	70
11.	SUPUESTOS INVOLUCRADOS Y MEJORAS POTENCIALES	75
11.1.	<i>Distancia euclidiana</i>	75
11.2.	<i>Velocidad promedio</i>	75
11.3.	<i>Hora salida CDD</i>	75
11.4.	<i>Categorización en tiempos de auditoria</i>	76
11.5.	<i>Holguras en ventanas de tiempo</i>	76
12.	ANÁLISIS DE VENTANAS DE TIEMPO	77
12.1.	<i>Estado actual de restricciones horarias</i>	77
12.2.	<i>Análisis de sensibilidad en rigidez de ventanas de tiempos</i>	78
12.3.	<i>Conclusiones del capítulo</i>	81
13.	RESULTADOS MODELO MATEMATICO	82
13.1.	<i>Análisis de estado actual</i>	82
13.1.1.	<i>Conglomeración de categorías para despacho</i>	82
13.1.2.	<i>Criterios de calidad</i>	82
13.1.3.	<i>Desempeño de rutas actuales</i>	83
13.2.	<i>Consideraciones previas</i>	86
13.3.	<i>Resolución mediante modelo matemático</i>	86
13.3.1.	<i>División por zona geográfica</i>	87
13.3.1.1.	<i>Resultados división geográfica</i>	87
13.3.2.	<i>División según ventanas de tiempo</i>	88
13.3.2.1.	<i>Resultados división ventana de tiempo</i>	89
14.	RESULTADOS HEURÍSTICA DE AHORROS DE CLARKE AND WRIGHT	90
14.1.	<i>Resultados heurística 1° Enfoque de solución</i>	91
14.2.	<i>Resultados heurística 2° Enfoque de solución</i>	93
14.3.	<i>Conclusiones del capítulo</i>	97
15.	VARIABILIDAD DE LOS RESULTADOS	98
16.	USO TÁCTICO Y METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA	102
16.1.	<i>Uso táctico de la herramienta</i>	102
16.2.	<i>Métodos de estimación de demanda alternativos a intervalos de confianza</i>	103
16.3.	<i>Metodología de implementación</i>	105

16.3.1.	<i>Datos requeridos</i>	105
16.3.2.	<i>Planilla input de datos</i>	105
16.3.3.	<i>Implementación de heurística de ahorros en PHP</i>	105
16.3.4.	<i>Implementación de Modelo matemático</i>	107
16.3.5.	<i>Extracción de datos a Excel</i>	108
16.3.6.	<i>Gráfico de soluciones en Google Maps</i>	109
17.	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	112
18.	BIBLIOGRAFÍA	114
19.	ANEXOS	116
19.1.	<i>Cantidad de locales por comuna de Región Metropolitana</i>	116
19.2.	<i>Estacionalidad diaria por día de la semana</i>	117
19.3.	<i>Detalle de información de locales</i>	118
19.4.	<i>Gráfico de soluciones propuestas</i>	130
19.5.	<i>Distribución de locales por comuna y zona geográfica</i>	130
19.6.	<i>Locales a abastecer por día de la semana</i>	131
19.7.	<i>Resultados análisis de sensibilidad en rigidez de ventanas de tiempo (sección 12.2).</i>	135
19.7.1.	<i>Restricción dura</i>	135
19.7.2.	<i>Holgura de 1 hora</i>	137
19.7.3.	<i>Holgura de 2 horas</i>	138
19.7.4.	<i>Holgura de 3 horas</i>	140
19.8.	<i>Resultados para 1° enfoque de solución heurística de ahorros</i>	141
19.8.1.	<i>Resultados Martes</i>	141
19.8.2.	<i>Resultados Miércoles</i>	142
19.8.3.	<i>Resultados Jueves</i>	143
19.8.4.	<i>Resultados Viernes</i>	145
19.8.5.	<i>Resultados Sábado</i>	146
19.9.	<i>Resultados para 2° enfoque de solución heurística de ahorros</i>	147
19.9.1.	<i>Resultados Martes</i>	147
19.9.2.	<i>Resultados Miércoles</i>	148
19.9.3.	<i>Resultados Jueves</i>	149
19.9.4.	<i>Resultados Viernes</i>	150
19.9.5.	<i>Resultados Sábado</i>	151

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1: Layout CDD. Fuente: Elaboración propia.</i>	5
<i>Ilustración 2: Área de sistema PTL</i>	7
<i>Ilustración 3: Bandejas amarillas sector PTL</i>	7
<i>Ilustración 4: Categoría bandejas. Fuente: CDD</i>	9
<i>Ilustración 5: Dimensiones de bandejas CDD. Fuente: Catálogo Wenco 2012</i>	9
<i>Ilustración 6: Distribución de unidades vendidas y cantidad de locales por zona geográfica (Datos a Octubre 2013), Zonas Norte (N), Quinta (Q), Santiago (Stgo), Sur (Sur). Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por CDD.</i>	20
<i>Ilustración 7: Porcentaje de unidades vendidas por local con respecto a total RM (Ene - Jun 2014). Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por CDD</i>	21
<i>Ilustración 8: Porcentaje de unidades vendidas por comuna RM (Ene – Jun 2014). Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por CDD.</i>	21
<i>Ilustración 9: Estacionalidad semanal en ventas para las unidades diarias vendidas por local en locales RM para 6 meses del año y 11 locales de una muestra aleatoria (Ene - Jun 14'). Fuente: Elaboración propia.</i>	22
<i>Ilustración 10: Estacionalidad de las ventas según rango horario del día en base a muestra de 11 locales elegido al azar. Horizonte de datos: 2 meses (may-jun 14'). Fuente: Elaboración propia.</i>	24
<i>Ilustración 11: Evolución categorías Farma y Consumo período Enero 2008 - Junio 2014</i>	25
<i>Ilustración 12: Evolución histórica para consolidado categorías farma y consumo últimos 3 años (Junio 2011 - Mayo 2014).</i>	25
<i>Ilustración 13: Nivel de concentración acumulada de locales en comunas de RM. Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por CDD.</i>	26
<i>Ilustración 14: Venta promedio normalizada por cantidad de locales en cada comuna (Octubre 2013). Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por CDD.</i>	27
<i>Ilustración 15: Distribución de locales según formato de sala. Fuente: Elaboración propia</i>	28
<i>Ilustración 16: Distribución de locales según tipo de acceso en base 219 locales RM. Fuente: Elaboración propia.</i>	29
<i>Ilustración 17: Tamaño de bodegas (m2) para locales RM. Fuente: Elaboración propia.</i>	30
<i>Ilustración 18: Días con stock de acuerdo a capacidad volumétrica y nivel de despacho mes de abril 2014 para locales RM.</i>	30
<i>Ilustración 19: Proporción de locales con restricciones horarias para zona centro</i>	31
<i>Ilustración 20: Distribución de locales según ventana de restricción horaria en abastecimiento. Fuente: Elaboración propia</i>	32
<i>Ilustración 21: Cantidad de locales por comuna para ventana horaria 6 – 8 am. Fuente: Elaboración propia.</i>	32
<i>Ilustración 22: Cantidad de locales por comuna para ventana horaria 7 – 9 am. Fuente: Elaboración propia.</i>	33
<i>Ilustración 23: Camiones utilizados para el despacho de productos hacia locales. Fuente: Presentación área Contraloría FASA.</i>	37
<i>Ilustración 24: Distribución de flota por zona</i>	38
<i>Ilustración 25: Tasa de utilización por ruta RM (abril 2014), 24 datos utilizados para el cálculo de cada utilización promedio. Fuente: Elaboración propia</i>	39
<i>Ilustración 26: Vista gráfica del traslape de rutas en zona centro, Fuente: Elaboración propia</i>	43
<i>Ilustración 27: Porcentaje de tiempo en viaje sobre el total de tiempo en ruta (datos período Enero - Junio 2014). Fuente: Elaboración propia.</i>	44
<i>Ilustración 28: Movidas para reubicar los 3 primeros clientes de una ruta</i>	55
<i>Ilustración 29: Representación gráfica del modelo propuesto. Fuente: Elaboración propia</i>	58
<i>Ilustración 30: Gráfica de heurística de ahorros propuesta por Clarke and Wright. Fuente: “Métodos Exactos y Heurísticos para resolver</i>	64
<i>Ilustración 31: Descripción del procedimiento de resolución</i>	65
<i>Ilustración 32: Despliegue de solución obtenida por heurística o modelo matemático.</i>	68
<i>Ilustración 33: Tiempos de arribo reales en rutas actuales, versus tiempos propuestos por metodologías. Tiempos actuales corresponden a período abril 2014, tomando 24 días de despacho.</i>	71
<i>Ilustración 34: Distribución de rutas según intervalo horario de desviación con respecto a tiempos reales</i>	72
<i>Ilustración 35: Diferencias en la hora de llegada de la heurística propuesta, versus la situación actual. Fuente: Elaboración propia</i>	74
<i>Ilustración 36: Análisis de de atrasos según comuna RM (período Enero – Junio 2014). Fuente: Elaboración propia</i>	77
<i>Ilustración 37: Análisis de sensibilidad cantidad de camiones y distancia recorrida versus holgura de en ventana de tiempo. Instancia de despacho con 219 locales (388 m3 aprox.)</i>	81

<i>Ilustración 38: División RM en zonas geográficas para inserción en modelo matemático (Fuente: elaboración propia herramienta Google Maps).</i>	87
<i>Ilustración 39: Resultados de modelo matemático, separando locales según intervalo horario</i>	89
<i>Ilustración 40: Gráfica de rutas del sector oriente obtenidas con primer enfoque de solución. Fuente: Elaboración propia</i>	93
<i>Ilustración 41: Distribución de ventas según cantidad de unidades vendidas. Datos correspondientes a ventas mensuales desde Enero 2008 hasta Junio 2014 (72 datos). Fuente:Elaboración propia en base a datos proporcionados por área comercial CDD.</i>	98
<i>Ilustración 42: Niveles de venta para el año 2014 y valores mínimos de los intervalos de confianza al 99% de certeza en base a 6 años anteriores (2008-2013). Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por área comercial CDD.</i>	100
<i>Ilustración 43: Comparación de métodos de estimación de demanda con venta mensual. Datos desde marzo 2008 a junio 2014. Fuente: Elaboración propia</i>	103
<i>Ilustración 44: Pronóstico con media móvil de 2 períodos para meses de enero a junio 2014. Fuente: Elaboración propia.</i>	104
<i>Ilustración 45: Display de resultados para una ruta</i>	106
<i>Ilustración 46: Ejemplo del display de estadísticas resumen del total de rutas para día Lunes</i>	106
<i>Ilustración 47: Display de resultados de GAMS</i>	108
<i>Ilustración 48: Planilla Excel de extracción de soluciones propuestas por algoritmo de ahorros. Gráfico de dos rutas</i>	109
<i>Ilustración 49: Gráfico de soluciones en herramienta Google Maps Engine (display de 2 rutas)</i>	110
<i>Ilustración 50: Detalle de recorrido para una ruta en particular</i>	110

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de memoria está enmarcado en el ámbito de la gestión de operaciones, en particular en el nivel táctico de decidir la cantidad de flota a utilizar para el despacho de mercadería, aplicándose en la empresa farmacéutica “Farmacias Ahumada” (en adelante FASA), específicamente en el centro de distribución (en adelante CDD), el cual está geográficamente ubicado en km 16 de ruta 68, Región Metropolitana.

FASA es una cadena de farmacias en Chile que vende medicamentos, productos farmacéuticos, suplementos nutricionales, artículos de belleza, higiene, cuidado personal y de consumo. A fines del año 2013 la Compañía contaba con 400 locales en 98 ciudades a nivel nacional, con especial enfoque en la zona central del país, dando empleo a cerca de 3.900 personas.

Hasta antes de agosto del 2014, Farmacias Ahumada pertenecía al grupo mexicano Casa Saba, quienes se adjudicaron la compañía en mayo del 2010. Desde agosto del 2014 a la fecha FASA pertenece al grupo económico internacional Alliance Boots, grupo dedicado a la venta al público de productos de salud y belleza. Dicho grupo económico está presente en más de 25 países y emplea a más de 108.000 personas.¹

1.1. Indicadores de interés

Las ventas consolidadas de la Compañía (ventas en México y Chile) para el año 2013 fueron de \$845.135 millones de pesos, equivalentes aproximadamente a US\$1.600 millones, generadas por los 1.300 locales de la cadena.

El resultado operacional antes de intereses, amortización y depreciación (EBITDA) alcanzó los \$38.548 millones de pesos para el año 2013, un 4,6% de la venta, equivalentes a US\$ 72,8 millones. Por su lado, las utilidades después de impuestos alcanzaron los \$15.819 millones de pesos para el mismo año, equivalentes a US\$ 29,9 millones (1,9% de la venta).

¹ Datos al 31 de marzo 2014, e incluyen sociedades y join ventures. Fuente: http://www.farmaciasahumada.cl/fasaonline/fasa/info/alliance_boots.htm

La cantidad de ventas generadas para el año 2013 fue de 152 millones de ventas. Por su lado, las salas de venta poseen una superficie promedio de 170 m² para las salas de Chile.

1.2. Contextualización

Como se mencionó anteriormente, a nivel nacional FASA posee más de 400 locales a lo largo del país, donde más de 200 de ellos están presentes en Región Metropolitana.

Para el despacho de productos, la compañía cuenta con una empresa de transporte externo, gestionando los sectores de abastecimiento a nivel nacional en 4 zonas:

- **Zona Norte (de Cuarta región al norte):** 55 locales
- **Zona Quinta (Quinta región):** 49 locales
- **Zona Centro (Región Metropolitana):** 219 locales
- **Zona Sur (de Sexta región al sur):** 105 locales

La razón de ser de CDD en FASA es actuar como un punto de acopio de toda la mercancía comprada a proveedores, para luego ser distribuida a cada uno de los más 400 locales a nivel nacional. El centro de distribución está a cargo de toda la logística, desde que se reciben los productos, su almacenamiento y posterior armado y despacho de pedidos para cada local, es decir, todos los productos y/o artículos presentes en un local FASA, pasan primero por CDD y luego son despachados al respectivo local donde los productos son vendidos a los consumidores finales.

Un aspecto fundamental es contar con procesos estandarizados, eficientes y reglas de decisión dinámicas que permitan abastecer a los locales con productos y cantidades necesarias en el momento oportuno y al menor costo posible. En efecto, la misión definida por el mismo CDD es la siguiente:

“Administrar -the supply chain- de la Compañía, aplicando los más altos estándares de servicio en atención a nuestros clientes internos y externos², asegurando la mercadería en

² **Clientes internos:** Locales FASA. **Clientes externos:** Consumidores

todos los puntos necesarios, en el momento justo, en la cantidad precisa, manteniendo su calidad y con el menor costo de operación.

Nuestra logística cuenta con tecnologías de primer nivel, softwares de clase mundial, y un CDD con estándares internacionales³

En concordancia con lo anterior, CDD presenta como radio de acción los siguientes puntos:

- **Transporte aéreo y terrestre:** Transporte aéreo de productos de temperatura controlada hacia regiones extremas del país (Norte grande y Patagonia)
- **Frecuencias diferenciadas:** Número de veces a la semana con la cual se abastece cada local difiere de un local a otro, dependiendo de variables como nivel de ventas o tamaño en bodega.
- **Planificación de rutas:** Corresponde a la asignación de locales a diferentes rutas según sector y restricción horaria por local.
- **Control de tiempos / GPS:** Control de tiempos de llegada a cada local y posicionamiento geográfico de cada camión repartidor.
- **Control apertura y cierre puertas:** Control de apertura/cierre de puertas de camiones en lugares no autorizados.
- **Control temperatura:** Control de temperatura para productos con temperatura controlada (citostáticos o refrigerados).

³ Fuente: Presentación elaborada por área de despacho CDD.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El presente capítulo tiene el objetivo de poder generar una primera noción sobre la actual performance que tiene el Centro de Distribución así como también dar a conocer la motivación y/o justificación del presente trabajo de título. El capítulo se divide de la siguiente manera: En la [sección 2.1](#) se presenta el problema, donde se describen las diferentes áreas del CDD así como también la dinámica actual de despacho. En [sección 2.2](#) se muestran las actuales medidas de desempeño, con el objetivo de generar un primer acercamiento sobre el actual performance. Finalmente en [sección 2.3](#) se presenta la justificación de la problemática, donde se dimensiona en términos económicos los impactos de dicha problemática detectada.

2.1. Planteamiento del problema

De acuerdo a lo mostrado en apartado siguiente ([sección 2.2](#)), se establecerá que CDD cuenta con buenos niveles en cuanto al almacenamiento y manejo de inventarios, así como también procesos productivos eficientes en términos de que han incorporado tecnología que permite agilizar la preparación del pedido a cada local, reduciendo a su vez el riesgo de error en el armado del pedido. Sin embargo, el despacho de productos muestra situaciones de aparente ineficiencia, como flota sub utilizada, rutas traslapadas geográficamente y falta de criterios que permitan determinar la frecuencia de envío a locales, aspectos que se traducen en mayores costos por contratación de flota adicional para el despacho hacia locales de Región Metropolitana. Es por eso, que el problema a abordar tiene relación en cómo disminuir la dotación de flota.

2.1.1. Historia CDD y despacho FASA

A lo largo de su historia, FASA ha tenido un incremento sustancial en la cantidad de sus locales, comenzando a principios de los años '90 con un solo local ubicado en Santiago centro, para dos años más tarde llegar a 10 locales en RM. Con ese nivel de locales el despacho de mercadería no era un tema para la empresa, donde FASA contaba con flota propia con una empresa llamada Transportes Vitacura.

Hacia el año 1995 el número de locales había aumentado a 50, expandiéndose la cadena hacia la Quinta región y externalizando el despacho con Tur Bus Cargo debido a que dada la cantidad de locales se había hecho infactible abastecer locales con el nivel de flota propia que

poseía la empresa en ese entonces. El año 1996 se decidió crear un Centro de distribución en Av. Maratón, donde FASA contaba con 7 empresas de transporte que le prestaban servicios de despacho.

Hacia el año 1997 la cantidad de locales a nivel nacional había crecido a 84, haciendo necesaria la contratación de un Ingeniero en transporte que se hiciera cargo de un problema de mayor envergadura. El año 2002 la cantidad de locales ascendió a 196. A lo largo de los últimos años, FASA ha ido profesionalizando su línea de distribución, acción que responde al creciente número de locales que tiene la cadena a nivel nacional, llegando a más de 400 para el año 2014.

En pos de profesionalizar el despacho, la compañía fue buscando empresas que tuviesen mayores espaldas financieras y la suficiente flexibilidad como para poder responder a las necesidades de una industria tan desafiante como lo es la farmacéutica. Es así como el número de empresas que le prestaban servicios de despacho fue disminuyendo paulatinamente desde 7 hasta 1 en la actualidad, la cual ha sabido responder a las necesidades de su cliente.

2.1.2. Áreas y layout CDD

A continuación se presenta el layout de CDD, donde se describirá cada área:

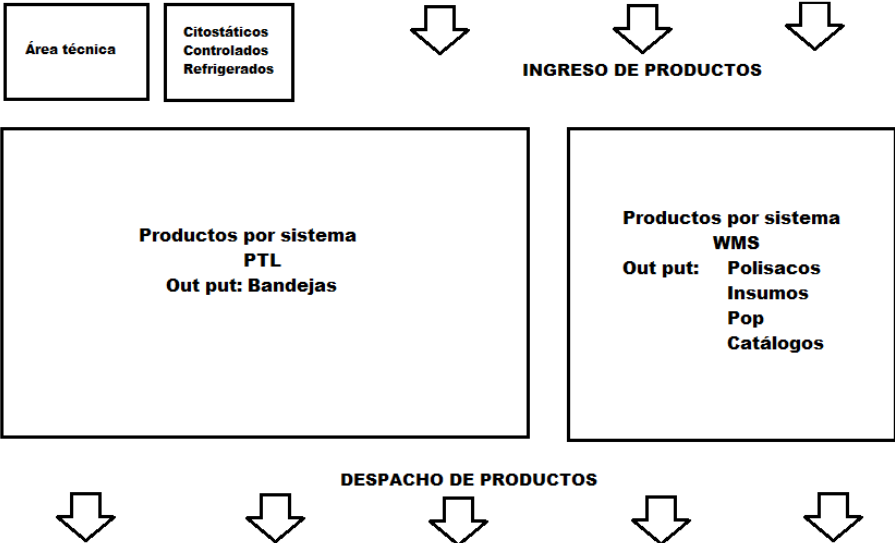


Ilustración 1: Layout CDD. Fuente: Elaboración propia.

2.1.2.1. Área técnica

Corresponde al área que está a cargo de productos especiales, como medicamentos citostáticos (tratamiento del cáncer), psicotrópicos, controlados y refrigerados. Estos productos son los últimos en ser cargados en los camiones para el despacho, para así evitar cualquier manejo indebido.

2.1.2.2. Productos por sistema PTL

Cuando la demanda de productos de un cierto local es baja (sólo un par de unidades), vale decir, no es suficiente como para despachar una caja completa que viene desde el proveedor o bien si la demanda no es un múltiplo de las unidades comprendidas en dichas cajas, entonces los productos son despachados desde un sector de la bodega del CDD conocido como “Sistema PTL”. El proceso es el siguiente:

Un trabajador posee una rutina de trabajo la cual le indica todas las unidades de cierto producto que deben ser despachadas a nivel nacional con su respectiva ruta dentro de CDD, donde figura la ubicación física de cada producto dentro del mismo. Luego, el trabajador ingresa esa cantidad de productos a una bandeja de color amarillo, la cual mediante correas transportadoras es trasladada a otra área dentro de CDD donde se consolidan en bandejas azules los productos que serán enviados a un mismo local. Para esta última labor existe un proceso automatizado que le indica a los trabajadores a qué bandejas azules (diferentes locales) deben ser trasvasijados los productos que vienen en las bandejas amarillas. Independiente de la automatización del mensaje, importante es señalar que el proceso de trasvasije ocurre de forma manual, ante lo cual está propenso a errores humanos que alteren el abastecimiento al poner mercadería en una bandeja azul distinta a la que halla indicado el sistema. Según lo descrito en [sección 2.1.6](#), el error en armado de pedido es de orden de 0,5% del despacho en sistema PTL.

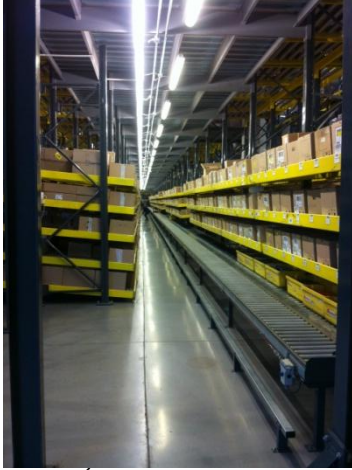


Ilustración 2: Área de sistema PTL



Ilustración 3: Bandejas amarillas sector PTL

2.1.2.3. Productos por sistema WMS

Si la demanda de un producto por parte de un local supera la cantidad de productos que van en una caja, con la cual los proveedores abastecen a CDD, entonces éstos son despachados desde un área llamado WMS, donde el almacenamiento se hace en dichas cajas y no a nivel unitario como en el sector PTL. Las rutinas de trabajo (rutas dentro de CDD) generadas para los trabajadores son análogas a las del sector PTL, con la salvedad de que la consolidación de carga para un mismo local la debe hacer el mismo trabajador cuando llega al área de despacho (cada caja de la rutina debe ser destinada a un pallet en particular, el cual representa un local específico).

En el caso de que el despacho a un local supere las unidades contenidas en una caja pero no alcancen para el envío de dos cajas, entonces se generarán rutinas de trabajo en ambos sectores (PTL y WMS) con la finalidad de cubrir la demanda del local en las unidades requeridas.

2.1.3. Categoría de productos para despacho

Un aspecto a tener en consideración dentro de los problemas de despacho de mercadería corresponde al tipo de mercancías que se está transportando, ya que ésto determinará, por ejemplo, el tipo de flota a utilizar (capacidad, características de camiones), pudiendo también interferir en la asignación de locales en rutas si se decidiera realizar clusters de locales que

demandan productos parecidos. A continuación se describen las principales categorías de productos que se despachan desde CDD hacia locales de la cadena:

- **Bandejas:** Es el envoltorio principal que utiliza la compañía, el cual corresponde a una bandeja plástica que contiene productos de tamaño pequeño que serán enviados a un local (siempre productos farmacéuticos).
- **Controlados:** Productos que sólo se venden con receta.
- **Embalaje original:** Corresponde a todo producto que se despacha en las mismas cajas que vienen desde el proveedor. En general son productos como: Shampoos, desodorantes, cremas y perfumaría en general.
- **Embalaje volumen:** Se le denomina así a todo producto alimenticio, tales como alimentos, leche, bebidas, agua, etc.
- **Polisacos:** Corresponden a productos de gran volumen (por ej: pañales), los que dado su tamaño no pueden ir dentro de bandejas.
- **Catálogos:** Cual manual, revista, etc destinado a publicitar los productos de la compañía.
- **Citostaticos:** Productos dedicados al tratamiento del cáncer.
- **Insumos:** Corresponde a todo aquel producto necesario para que los locales operen correctamente (ej: guías, boletas, papel higiénico, lápices, cuadernos, etc) y que son necesitados permanentemente.
- **Otros Insumos:** Corresponde a todo aquel producto necesario para que los locales operen correctamente (ej: refrigeradores, muebles, sillas, etc) y que son necesitados esporádicamente (apertura de nuevo local o ampliación de local).
- **Pop:** Cualquier material publicitario a ser exhibido en locales (posters, gigantografías, afiches, etc)
- **Recetario:** Productos solicitados a fabricar por clientes.
- **Refrigerados:** Productos que requieren refrigeración (ej: vacunas).
- **Trasposos:** Trasposos de productos entre locales.
- **Valijas:** Envío de documentos entre locales o entre CDD y local.



Ilustración 4: Categoría bandejas. Fuente: CDD



Ilustración 5: Dimensiones de bandejas CDD. Fuente: Catálogo Wenco 2012

2.1.4. Dinámica de despachos CDD

En sus comienzos FASA no tuvo la necesidad de incorporar ingeniería en el despacho y ruteo de sus vehículos, principalmente por la baja cantidad de locales que se debían abastecer, situación que ha cambiado con el paso del tiempo, llegando al abastecimiento de más de 400 locales a nivel nacional y más de 200 en Región Metropolitana, con 25 rutas las que recorren más de 2.000 kilómetros diarios, presentando diferentes volúmenes de despacho debido a períodos de estacionalidad a lo largo de los meses del año.

En la actualidad el despacho se divide en 25 rutas de despacho, donde cada una es realizada por un solo camión. A su vez, cada ruta abastece varios locales (en general son en promedio 7 u

8 locales por ruta), los cuales son visitados en el orden estipulado en la ruta. La empresa externa de transporte que realiza el despacho no tiene injerencia alguna sobre el orden de abastecimiento por local, quedando éste totalmente determinado por personal del área de tráfico de CDD, los que tienen facultades para modificar con su debida antelación el orden de la ruta según requerimientos imprevistos por parte de los locales.

Por otro lado, cada local tiene asignada una frecuencia de envío, la cual corresponde a cuántos días a la semana se le enviarán productos. Estas frecuencias no varían durante el tiempo y son fijadas en el momento de apertura de un local de acuerdo a su formato y tamaño de bodega, no existiendo proceso de revisión a través del tiempo. Cabe destacar que aún teniendo la posibilidad por contrato de realizar las rutas de forma dinámica, esta acción (dinamismo en frecuencia de envío) aún no se ha tomado debido a que existe mucha información disponible pero se carece de reglas de decisión que justifiquen un cambio de la situación actual.

Actualmente la política de reposición de productos a locales consiste en reponer la venta desde la última vez que se visitó el local, donde, por ejemplo si el abastecimiento es diario, corresponde a la venta del día anterior, pero si la frecuencia de abastecimiento fuese menor que todos los días, corresponderá a la venta hecha desde la última vez que se abasteció el local.

2.2. Medidas de desempeño CDD

En la presente sección se mostrarán medidas de desempeño con el propósito de poder vislumbrar áreas de mejora y establecer procesos que se llevan de buena forma en la actualidad. A continuación se mostrarán indicadores internos del funcionamiento de CDD, como lo son por ejemplo el nivel de ocupación del mismo, así como también se mostrarán indicadores externos como los porcentajes de ocupación de la flota utilizada para el despacho o el traslape geográfico de rutas.

2.2.1. Ventas perdidas

Este ítem corresponde a ventas no realizadas a causa de faltas en stock. Para poder estimar la cantidad de ventas perdidas lo que se hace es a partir de estadísticas de ventas diarias y días con quiebres de stock, se calcula el número de ventas perdidas para dichos días.

A continuación un ejemplo. Si para el producto A se tiene un promedio de ventas de 5 unidades diarias y estuvo con quiebre de stock 3 días, entonces las ventas perdidas de dicho producto corresponden a 15 unidades en 3 días con stock faltante.

Se ha estimado por parte del personal de la compañía que el porcentaje de ventas perdidas con respecto al total de las ventas en la compañía es en promedio 3,4% para el período Enero – Junio 2014.

2.2.2. Reposición en locales

Corresponde a la relación entre la cantidad abastecida a dicho local versus la necesidad de productos del local (en base a estadísticas y proyecciones de venta). El indicador de reposición corresponde a 99,39%, es decir, sólo en un 0,6% de los casos no se reponen los productos necesario y/o en sus cantidades necesarias.

2.2.3. Estado ocupación

Indicador que responde a cuán lleno están las bodegas de CDD. Para la compañía su valor es de 80% para el período de Enero a Junio 2014.

2.2.4. Reclamos locales

Corresponde a las disconformidades que manifiestan los locales en cuánto al abastecimiento y despacho de los productos. Existen 3 tipos de reclamos:

- **Sobrantes:** Cuando se despachan más productos que los que muestra la guía de despacho.
- **Faltantes:** Cuando vienen menos productos que los indicados en guía de despacho.
- **Dañados:** Cuando vienen productos dañados (rotos, abollados, etc).

De los reclamos mostrados con anterioridad, la categoría “Faltantes” es la más común (cerca del 90% de los reclamos). El indicador de reclamos (pedidos reclamados sobre total pedidos despachados) es del orden de 0,8%, es decir, en 8 de cada 1.000 pedidos despachados existe alguna disconformidad.

La compañía elabora un ranking a nivel nacional de los 30 locales con mayor porcentaje de reclamo. A continuación se adjunta tabla resumen para mes de Junio 2014:

	Cantidad de locales	Unidades
Total faltante	415	3.831
Ranking	30	1.485
Peso	7%	39%

Tabla 1: Ranking TOP 30 reclamos locales.

De la tabla 2 se aprecia que los 30 locales del ranking representan sólo un 7% del total de los locales que presentaron algún reclamo en el mes de Junio (415). Sin embargo, estos 30 locales representan alrededor de un 40% del total de las unidades reclamadas a nivel nacional.

Importante es señalar que de los 30 locales que pertenecen al ranking TOP 30, 11 de ellos están en Región Metropolitana.

2.2.5. Auditoria de bandejas

Con el objetivo de poder disminuir el porcentaje de error en aquellas tareas manuales, todos los días se realiza una auditoría de pedidos donde se revisan las bandejas que fueron confeccionadas de forma manual. La auditoría se hace sobre una muestra aproximada del 6% del total del despacho (23.000 unidades auditadas en promedio por día) y se ha llegado a un nivel de confiabilidad del 99,5%. Es decir, sólo en un 0,5% de los casos analizados existe un error en el armado de pedido (por ejemplo productos en otras bandejas; causa de productos faltantes y sobrantes descritos en punto anterior).

2.2.6. Tasa de ocupación volumétrica de flota

Actualmente la tasa de utilización promedio para la flota que maneja CDD es de un 64% para RM. Es decir, para los 25 camiones destinados al despacho de productos desde Centro de Distribución hacia locales de RM, donde cada uno de ellos posee una capacidad volumétrica de 20 m³, éstos sólo son llenados en promedio en 2/3 de su capacidad, lo cual sugiere que pueden existir espacios de mejora. Ahora bien, pueden existir restricciones que hagan que los camiones no pueden ser llenados mas allá de dicho u otro porcentaje para ciertas rutas, análisis que se mostrará en secciones siguientes.

2.2.7. Traslape de rutas

En concordancia con el punto anterior, se ha encontrado traslape geográfico de rutas, el que corresponde a dos rutas diferentes, donde ambas abastecen un mismo sector y luego a ambas se les ve abasteciendo otro sector apartado geográficamente del primero. Esta situación sugiere que un rediseño de rutas puede acabar con dicho traslape, el cual impacta en que ambas rutas deben recorrer mayor distancia y así incurrir en mayores tiempos en el despacho, llenándose los camiones antes por tiempo que por capacidad volumétrica.

2.2.8. Calidad actual del servicio entregado a locales

Debido a la creciente demanda de locales que tiene la compañía (sobre 400 locales a nivel nacional y sobre 200 en RM), se hace indispensable abastecer dichos locales cumpliendo con las restricciones horarias impuestas para cada local. Es así como según lo mostrado en secciones [6.2.4](#) y [6.6.3](#), el 62% de los locales de RM posee alguna restricción horaria, donde para estos locales el porcentaje de entregas a tiempo (dentro de la ventana horaria definida para cada local) es sólo de un 14%. Luego, dada esta cifra, se estima que existen espacios de mejora para el nivel de servicio que CDD le está entregando a los locales de la cadena.

2.2.9. Conclusiones de las medidas de desempeño

De los indicadores mostrados con anterioridad es posible establecer ciertas tareas que se están llevando a cabo de buena forma como lo son: Nivel de reposición correcta de un 99,4% en locales, sólo un 0,8% de reclamos en cuanto a disconformidad de los productos y/o sus cantidades abastecidas o bien sólo un 0,5% de error en el armado de pedido, cifra entregada por auditoría de bandejas. A su vez, hay cifras alarmantes que sugieren espacios de mejoras que pueden ser abordados. Estos indicadores son: Sólo un 64% de tasa de ocupación volumétrica de flota, reiterados casos de traslape de rutas y sólo un 14% de nivel de servicio entregado a locales (llegadas a tiempo según ventanas horarias).

De las cifras mostradas en párrafo anterior se puede concluir que existen grandes espacios de mejora en cuanto al despacho de los productos desde CDD hacia locales RM, situación que no ocurre con la misma intensidad en cuanto a los indicadores internos que maneja el Centro de Distribución.

2.3. Justificación del problema

La principal razón que justifica abordar la problemática que está teniendo CDD en la actualidad corresponde al nivel de costos incurridos por la compañía en el despacho de sus productos.

Actualmente el costo en que incurre FASA para la distribución hacia locales RM corresponde a un valor de \$115.000 por viaje, donde cada camión realiza un viaje diario, el cual corresponde a una ruta, existiendo 25 rutas que salen desde CDD hacia locales Región Metropolitana de Lunes a Sábado. Por consiguiente, el costo mensual incurrido por concepto de despacho de mercadería hacia locales RM corresponde a \$69 millones aproximadamente (25 viajes diarios en base a 4 semanas y 6 días por semana).

A su vez, a nivel nacional, el costo variable de transporte corresponde al 1% de la venta total de la compañía, lo cual no es menor tomando en cuenta que la utilidad después de impuestos es un 1,9% de la venta. Es decir, el costo variable de transporte corresponde a más del 50% de las utilidades que maneja la Compañía.

Importante es destacar que la estructura de costos del contrato actual no tiene relación con la distancia recorrida en ruta, siendo el cobro por viaje el mismo para rutas cortas o largas, siempre y cuando la distancia recorrida por ruta no exceda los 150 km, en cuyo caso se debe pagar un costo adicional de CLP \$900 / km por concepto de sobre distancia. Cuando se está dentro de los 150 km, el costo de la compañía es \$760 / km ($\$115.000 / 150 \text{ km}$).

A partir del análisis anterior se concluye que el único factor que impacta en los costos de CDD es la cantidad de viajes totales hechos en el mes, siempre y cuando la distancia no supere lo estipulado. Luego, a partir de los costos mostrados, se estima que una posible mejora es realizar un rediseño de la política de despacho, la cual permita reducir la cantidad de viajes mensuales, incurriendo así en menores costos de transporte por parte de la empresa.

En base a bibliografía relacionada [1], en la cual se indica que en general con el rediseño de rutas se puede optar a reducciones de costos desde un 5% a un 30%, se ha estimado como valor

preliminar de mejora disminuciones del costo variable de transporte en torno al 8%, lo que equivale aproximadamente a \$5,5 MM mensuales.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Mejorar la política actual de envío de mercaderías e insumos desde CDD a locales de acuerdo a variables y restricciones del negocio, minimizando los costos variables de transporte incurridos, manteniendo al menos el nivel de servicio actual.⁴

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar situación actual con la finalidad de poder generar un panorama integral que permita identificar variables y restricciones que están insertas en el despacho.
- Definir objetivo de implementación de una política de envío (minimizar costo directo de transporte, minimizar tiempos de envío, aumentar niveles de servicio, etc).
- Establecer reglas de decisión (flota, rutas, locales por ruta) en base a todo tipo de costos involucrados en el adelanto y/o retraso de un pedido, cumpliendo con el objetivo de la política de envío.
- Evaluar eficiencias generadas por rediseño de la política de envío respecto a situación actual, tomando en cuenta recursos utilizados y externalidades generadas por cada escenario.
- Estudiar bibliografía relacionada con la finalidad de poder determinar modelos o heurísticas usadas para el ruteo de vehículos con ventanas de tiempo.

⁴ **Nivel de servicio:** Corresponde al porcentaje de entregas a tiempo sobre el total de entregas para un período determinado (día, semana, mes, etc)

4. ALCANCES

En cuanto a los alcances de la memoria, se pretende desarrollar una política de envío sólo en Zona Centro (RM), esto debido a que dada la dimensión del problema, zona centro es la más interesante de acuerdo al volumen de locales (más del 50% del total nivel nacional) y flota requerida para abastecerlos. Esta elección se ve justificada ya que como se ha visto en los puntos anteriores, RM es la zona en que el rediseño aplica a una gran cantidad de flota (25 de 37 camiones) y por ende, el impacto de las mejoras llega a mayor cantidad de locales (50%), lo que se traduce en mayor ahorro de costos para la compañía (disminución potencial del 8% del costo variable de transporte).

Es importante aclarar que está fuera del alcance de la memoria un rediseño en la elaboración misma del pedido a cada local (armado de pedido en pallets destinados a cada local), ya que según datos mostrados en [sección 2.1](#), se estima que en general CDD presenta una buena performance en el armado de pedidos (99,5%). Para obtener un mayor análisis, este tema podría ser abordado como una próxima memoria, dada la cantidad de variables y diseños de layout que están presentes en CDD.

A su vez, la definición de las frecuencias de envío ha quedado al margen de los alcances del presente trabajo, ya que existen múltiples variables, como ventas por local y quiebres de stock, tamaños de bodega en locales o locación de tiendas que harían muy ambicioso el presente trabajo de título en cuanto a la dimensión del problema si se considera que un problema clásico de ruteo comienza a complicarse (en cuanto a métodos de resolución y extensión en los tiempos de resolución) sobre los 50 clientes, donde la problemática a enfrentar por CDD es abastecer sobre 200 locales en RM (y sobre 150 locales diariamente). A lo anterior se suma un aspecto no menor que radica en la complejidad de categorizar cada uno de los productos despachados para posteriormente realizar una conversión volumétrica que permita aplicar restricciones de capacidad de los camiones. Luego, frecuencias de envío corresponderán a un input para el rediseño del despacho desde CDD a locales RM, pudiendo abordar dicha problemática (definición de las frecuencias) como un trabajo de título aparte.

5. METODOLOGÍA

5.1. Levantamiento de la situación actual

En pos de obtener un buen input para el desarrollo del tema de memoria, en esta etapa se busca realizar un levantamiento de información que permita un entendimiento acabado de la situación actual. Para desarrollar dicha tarea se han efectuado las siguientes acciones en la recopilación de datos y elaboración de indicadores:

- Entrevistas con encargados de área CDD
- Entrevistas con operarios CDD
- Entrevistas con encargados de locales
- Entrevistas con empresa de transporte externa (administradores, choferes y ayudantes)
- Cruces de información entregada por diversos agentes
- Elaboración de estadística descriptiva de la situación actual

5.2. Estudio de bibliografía relacionada

Dentro de la metodología se contempla el estudio de bibliografía relacionada con el objetivo de poder contrastar la teoría con los requerimientos de CDD a fin de poder ajustar una solución práctica para el cliente, pero a su vez lo más eficiente posible en términos del tiempo de computo (lo que se logra con algoritmos o modelos de la literatura) y calidad de la solución (disminución de flota). En este punto se destacan variadas tesis de magister que abordan problemas similares, con algunas variaciones. Habiendo estudiado dicha bibliografía y literatura relacionada, se evaluó que la heurística de ahorros propuesta por Clarke and Wright [1] es la que se ajusta de mejor manera a la problemática enfrentada dadas las características del problema que presenta el Centro de Distribución. A pesar de lo anterior, se mostrarán metodologías de modelo exacto y heurística de ahorros para comparar beneficios y costo obtenidos por cada una de ellas.

5.3. Modelamiento

Luego de levantar la información requerida y tener un panorama integral de la problemática que está teniendo FASA, se procedió a realizar un modelamiento matemático de la situación

actual y una aplicación de la heurística de ahorros indicada en punto anterior, con la finalidad de poder transcribir a un lenguaje algebraico todas las variables y restricciones de la problemática.

5.4. Resolución del modelo propuesto

Mediante el estudio de bibliografía relacionada y el modelamiento se seleccionó la metodología más eficiente en términos de tiempos de cómputo y a su vez la que entregara la mejor solución (más cercana al óptimo), entendiendo que en modelos exactos de problemas de ruteo debido a que se está en presencia de un problema combinatorial, mientras más exacto se requiere una solución, los tiempos se incrementan exponencialmente.

En particular, según literatura relacionada [1], algoritmos exactos funcionan en tiempos razonables para un máximo de 50 clientes, luego los tiempos comienzan a aumentar de forma exponencial. Recordar que CDD abastece a alrededor de 220 clientes (locales) en RM semanalmente y más de 150 locales de forma diaria, ante lo cual se hace necesario el uso de alguna heurística que permita abordar el problema dada su complejidad (dimensión).

5.5. Análisis de pros y contras de nueva política de envío a locales

Finalmente, una vez resuelto el modelo propuesto, se evaluaron pros y contras de la solución propuesta versus la situación actual, estableciendo claramente las bondades y debilidades que presenta la nueva metodología propuesta con respecto a la llevada a cabo por la empresa en la actualidad. Se espera poder tener una visión crítica, independiente de los resultados, buscando las causas raíces que permitan explicar los resultados expuestos.

6. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Con el objetivo de poder generar un levantamiento detallado de la situación actual que se presenta en CDD, se evaluará el mismo en varios ámbitos como ventas, locales, productos, contrato, flota y rutas para poder así evaluar el actual desempeño que está teniendo el Centro de Distribución.

6.1. Ventas

6.1.1. Niveles de venta y locales por zona geográfica

Como se ha mostrado anteriormente, la Compañía divide los locales a nivel nacional en 4 zonas geográficas para el despacho (zona norte, quinta, centro y sur). A modo de poder cuantificar la importancia relativa que presenta cada zona en términos del volumen de unidades despachadas desde CDD, en ilustración 6 se muestra el porcentaje de unidades vendidas por zona geográfica sobre el total de unidades vendidas a nivel nacional, así como también la cantidad de locales presentes por zona:

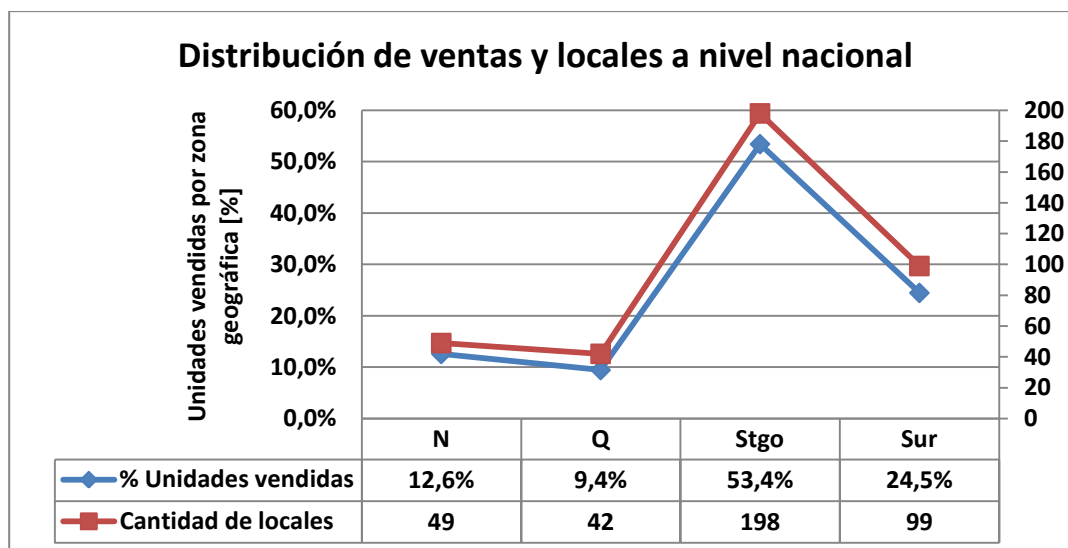


Ilustración 6: Distribución de unidades vendidas y cantidad de locales por zona geográfica (Datos a Octubre 2013), Zonas Norte (N), Quinta (Q), Santiago (Stgo), Sur (Sur). Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por CDD.

De la ilustración 6 se observa que zona centro (Región Metropolitana) representa más del 50% de las unidades vendidas por la compañía así como también más de la mitad de los locales que la cadena presenta a nivel nacional.

6.1.2. Niveles de venta en locales Región Metropolitana

Sin duda un aspecto fundamental en la determinación de las frecuencias de envío corresponde al nivel de ventas que presenta cada local, así como también el tamaño de bodega de cada uno de ellos. A continuación se muestra el porcentaje de unidades vendidas por cada uno de los locales RM con respecto al total de unidades vendidas en la región para el período Enero - Junio 2014:

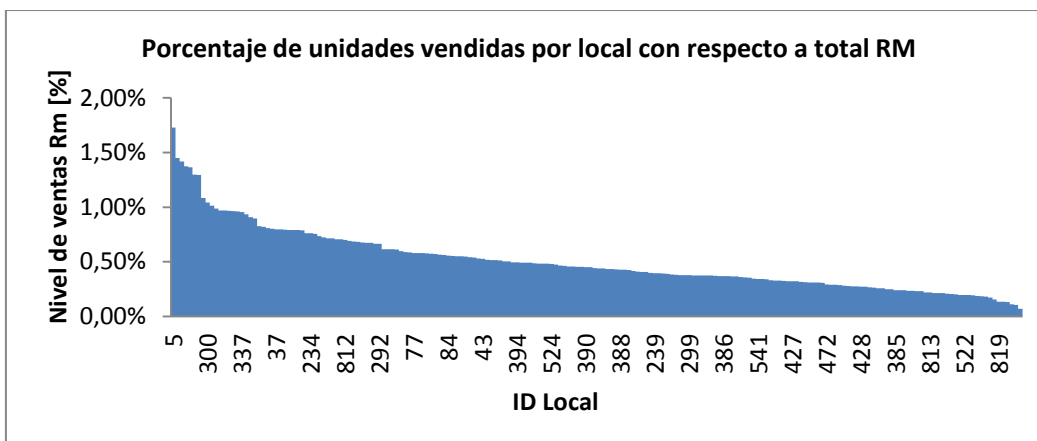


Ilustración 7: Porcentaje de unidades vendidas por local con respecto a total RM (Ene - Jun 2014). Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por CDD

En la ilustración 7 se observa que existe una concentración de la venta en locales de RM, donde aproximadamente el 30% de los locales representan el 50% del total de unidades vendidas en zona centro.

Un aspecto importante para lograr tener una noción más acabada e íntegra de la situación actual corresponde a identificar zonas geográficas que representen altos niveles de venta en Región Metropolitana. A continuación se presenta una ilustración en la cual se detalla el aporte que genera cada comuna de RM en el total de unidades vendidas en zona centro:

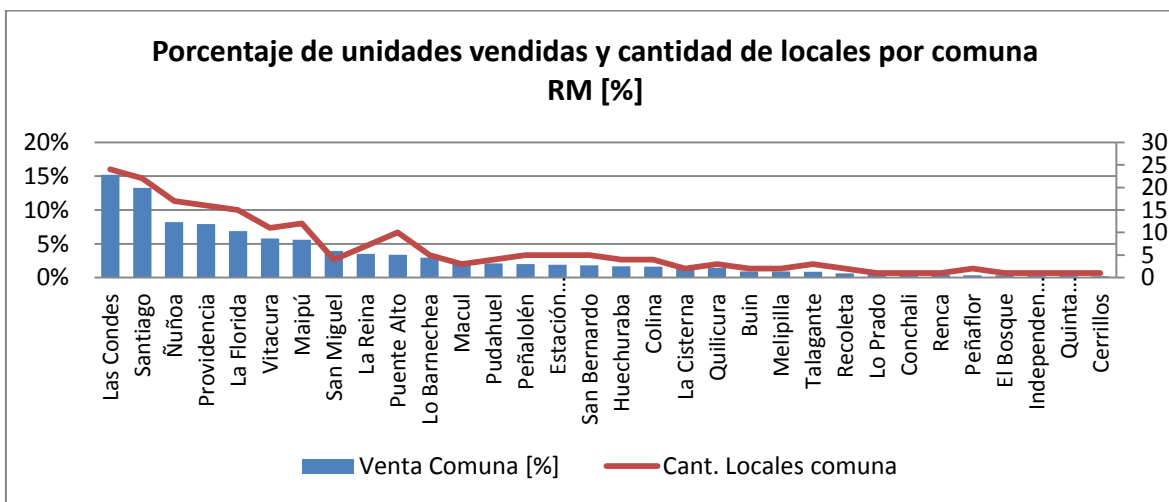


Ilustración 8: Porcentaje de unidades vendidas por comuna RM (Ene – Jun 2014). Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por CDD.

De la ilustración 8 se observa una alta concentración de la venta en pocas comunas, teniendo que las primeras 7 representan el 63% de las unidades vendidas con un 59,7% de los locales de RM. Cabe destacar que dentro de las 7 comunas mencionadas, 4 de ellas son del sector oriente de Santiago, consecuencia de la política de locación que ha tenido la compañía con respecto a sus locales donde en la gráfica se vislumbran la mayor cantidad de locales para dichas comunas.

6.1.3. Estacionalidad en ventas

Estacionalidad en las ventas corresponde a una de las variables críticas a la hora de contemplar el abastecimiento a locales de la compañía, ya que según el nivel de ventas que éstos tengan dentro de la semana, se pueden establecer diversas políticas de abastecimiento, como por ejemplo prepararse para el máximo con el objetivo de brindar buen nivel de servicio a locales, o bien para el promedio con opción de pedir camiones adicionales para el despacho en días peaks, y así, muchas otras alternativas.

6.1.3.1. Estacionalidad dentro de la semana

A continuación se muestra la estacionalidad que presentan locales de RM para un período de 6 meses del año 2014 (Enero - Junio):

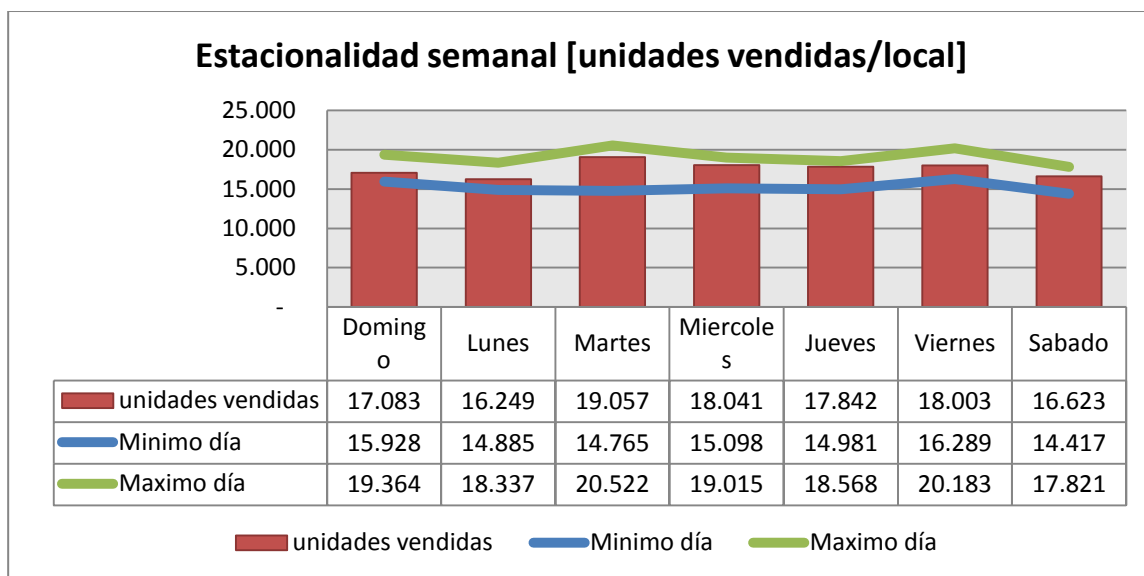


Ilustración 9: Estacionalidad semanal en ventas para las unidades diarias vendidas por local en locales RM para 6 meses del año y 11 locales de una muestra aleatoria (Ene - Jun 14'). Fuente: Elaboración propia.

La razón de utilizar sólo 11 locales dentro de la muestra y no todos los locales pertenecientes a la cadena (sobre 200 locales) radica en la dificultad en la obtención de datos de parte de FASA. Llevar todos los datos generados por cada compra a un resumen diario por local implica gran capacidad de cómputo, lo cual se multiplica si es que se quiere obtener información para toda la cadena.

De la ilustración 9 se puede observar que los días que presentan mayores y menores ventas corresponden al día martes y lunes respectivamente. El promedio de ventas diarias es de 17.600 unidades por local aproximadamente, con una desviación de 1.000 unidades entre días de la semana considerando los 11 locales de la muestra.

Por otro lado, como se puede observar en ilustración 9, existen días a la semana (como por ejemplo domingo, lunes y viernes) donde hay gran diferencia (sobre 2.000 unidades) entre el promedio de venta del día y la máxima venta registrada para dicho día a lo largo de los 6 meses, lo que da cuenta de una gran variabilidad (11% aprox.) de acuerdo a diferentes semanas del año. Esta situación cobra importancia si se toma en cuenta que el contrato de FASA con su empresa de transporte externo contempla flota fija a lo largo de los meses del año, dejando capacidad ociosa para días o semanas con menor despacho.

6.1.3.2. Estacionalidad dentro del día

Al igual que el análisis efectuado dentro de la semana, se realiza el siguiente análisis de la estacionalidad de las ventas dentro del día, dividiendo el mismo en intervalos horarios de 1 hora cada uno:

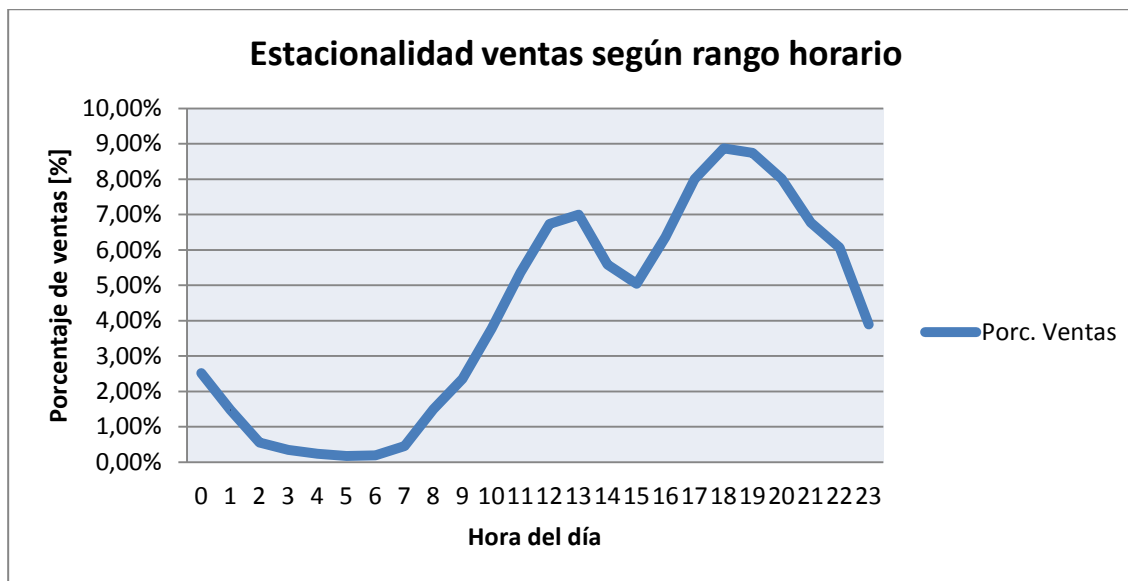


Ilustración 10: Estacionalidad de las ventas según rango horario del día en base a muestra de 11 locales elegido al azar. Horizonte de datos: 2 meses (may-jun 14^o). Fuente: Elaboración propia.

De la ilustración 10 se puede observar que dentro del día existen dos peaks en cuanto a la venta. El primero se produce alrededor de las 13 hrs y el segundo a las 18 hrs aprox.

De este análisis se desprende la importancia de poder despachar antes del primer peak (13 hrs), sobre todo en locales con alta venta, esto con la finalidad de no entorpecer el servicio entregado por los locales de cara a los clientes finales (consumidores).

Ahora bien, podría suceder que los peaks dentro del día fuesen diferentes para un día con respecto a otro, es por eso que en [sección \(19.1\)](#) se muestran los peaks para cada día que existe despacho. La principal conclusión es que todos los días de la semana se comportan de manera parecida, teniendo dos peaks en los horarios descritos anteriormente. Para fin de semana, siguen existiendo ambos peaks con la salvedad de que ambos tienen igual intensidad (días de semana segundo peak tiene mayor intensidad).

6.1.3.3. Estacionalidad dentro del año

Debido a que la decisión del nivel de flota es un aspecto más táctico, a continuación se presenta la variabilidad que posee la demanda según categoría de producto, con la finalidad de poder establecer posibles variaciones al nivel de flota que se recomendará en conclusiones.

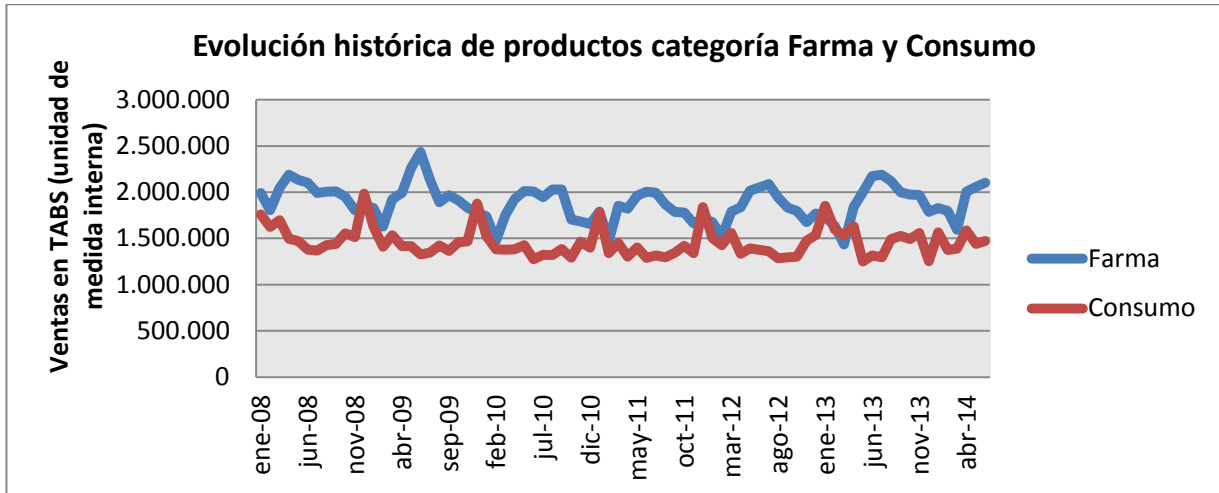


Ilustración 11: Evolución categorías Farma y Consumo período Enero 2008 - Junio 2014

De la ilustración 11 se puede observar un comportamiento estacional y periódico para ambas categorías. Farma posee un peak en temporada de invierno (Junio – Julio) de cada año y valles en temporada de verano (Diciembre – Enero), mientras que categoría consumo es lo contrario, posee peaks en verano gatillado por las ventas de productos navideños en mes de diciembre y productos de cuidado personal (ej: protectores solares) y valles en invierno.

Si la ilustración 11 se consolida por mes del año la suma de ambas categorías en una sola serie, se observa como resultado la ilustración siguiente donde como barras de error se muestran las desviaciones estándar para cada mes:

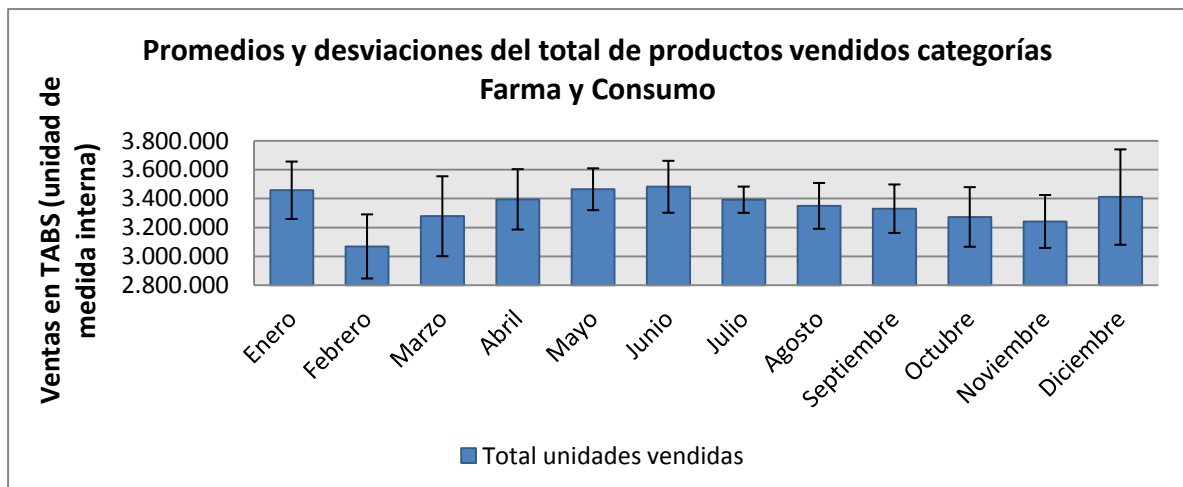


Ilustración 12: Evolución histórica para consolidado categorías farma y consumo últimos 3 años (Junio 2011 - Mayo 2014).

De la ilustración 12 se puede observar que el total de productos vendidos fluctúa entre los 3 a 3,5 millones de unidades por día, habiendo ciertos períodos con altas ventas como lo es el mes de enero y diciembre y períodos de menor demanda como lo es mes de febrero, lo que da cuenta de la variabilidad que existe dentro de los meses del año. Por su lado, en la barras de error se puede observar que la varianza difiere considerablemente a lo largo de los meses del año, teniendo bajas desviaciones como lo es el caso de julio o bien desviaciones grandes como en el mes de diciembre, situación que da cuenta que los años difieren unos de otros.

El propósito de la ilustración anterior es mostrar la variabilidad que existe en la venta de la cadena para los diferentes meses del año y diferentes años, donde cabe mencionar que el tipo de contrato que sostiene la empresa con su proveedor de transporte no responde frente a dicha variabilidad.

6.1.4. Concentración de locales en RM

Un aspecto característico dentro de la compañía es que, en general, la mayor parte de los locales se encuentran ubicados en el sector oriente de la capital. A continuación se presenta un gráfico que pone en evidencia la situación descrita:

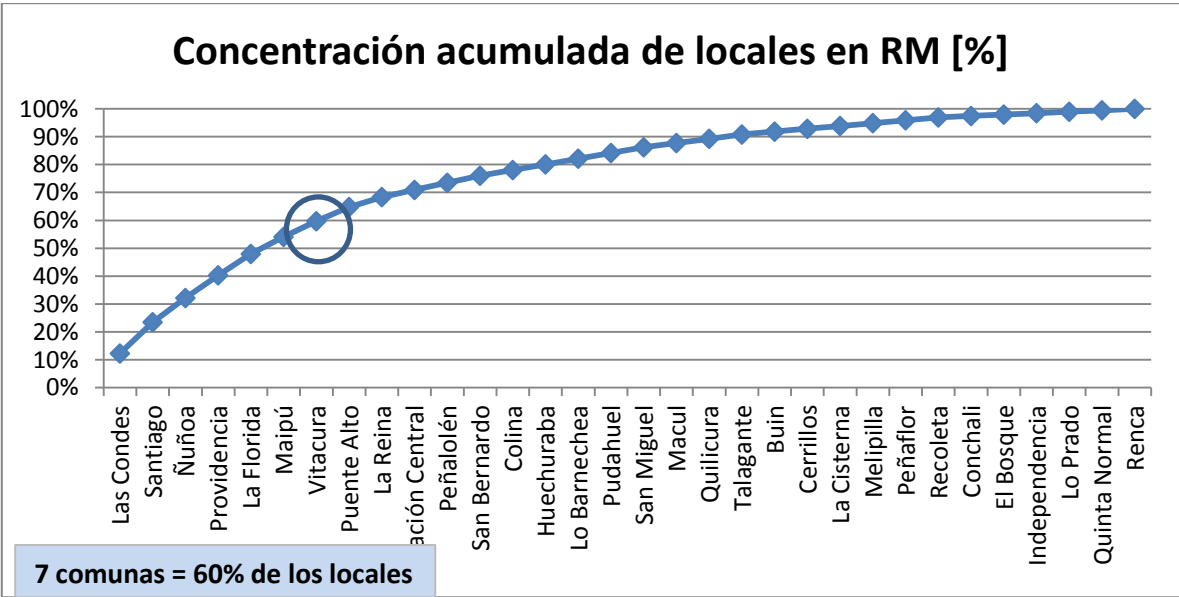


Ilustración 13: Nivel de concentración acumulada de locales en comunas de RM. Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por CDD.

De la ilustración 13 se puede observar que el 60% de los locales se encuentran situados en sólo 7 comunas, concentración alta si se piensa que Región Metropolitana cuenta con 52

comunas, es decir, si locales estuviesen distribuidos equitativamente (igual número de locales por comuna), las mismas 7 comunas anteriores deberían contener sólo un 13.5% de los locales aprox.

Por último, con los datos proporcionados anteriormente, sumado al nivel de ventas presentado en [sección 6.1.2](#) (ilustración 7), se puede dilucidar el porcentaje de venta promedio para un local en cada comuna de RM. A continuación:

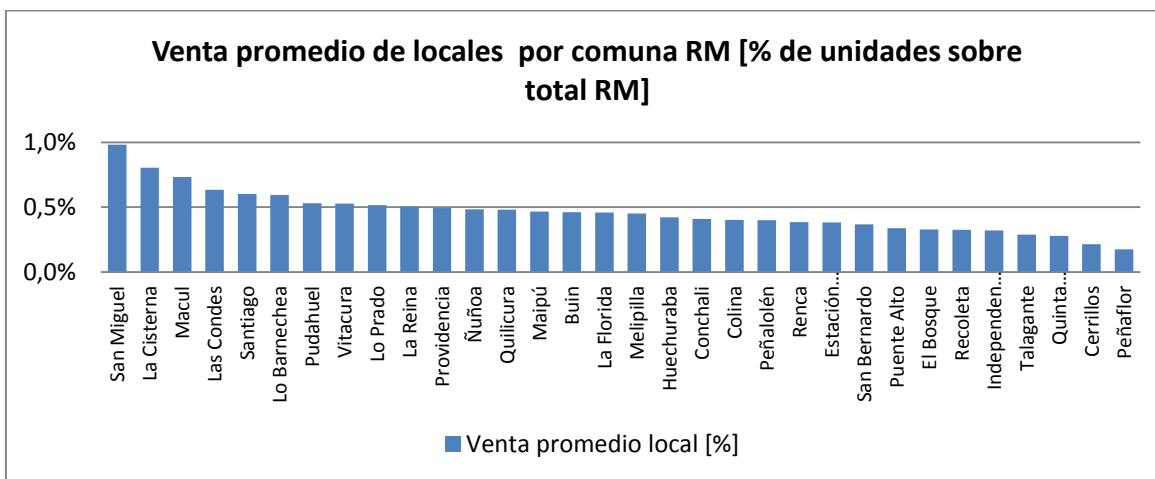


Ilustración 14: Venta promedio normalizada por cantidad de locales en cada comuna (Octubre 2013). Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por CDD.

De la ilustración 14 se puede observar que si bien comunas como San Miguel, La Cisterna y Macul no representan las más altas mayorías en cuanto a venta total de la comuna, locales pertenecientes a éstas venden en promedio más unidades que cualquier otro local de alguna comuna con mayores ventas totales. Luego, no es directo establecer que locales de comunas con gran porcentaje de ventas venden más unidades en promedio, esto debido a un efecto de “canibalización”, donde al haber más locales dentro de una misma comuna, sobre cierto límite éstos empiezan a apoderarse de la venta de otros locales de la cadena que están presentes en la misma comuna.

6.2. Locales

Sin duda un aspecto fundamental es conocer las características de los clientes a los cuales se abastece, que en este caso corresponden a los locales de la cadena que se encuentran geográficamente en Región Metropolitana. A continuación, aspectos que los diferencia unos de otros:

6.2.1. Formato de locales

En la cadena existen diferentes tipos de formato, los que corresponden a formas y objetivos distintos en cuanto a la sala de venta. Los formatos que tiene la cadena se detallan a continuación:

- **Drugstore:** Local que posee medicamentos y productos de consumo situado en góndola, es el formato de local más grande de la cadena.
- **Farma Rebajas:** Formato de local destinado a la venta de medicamentos genéricos, competencia de farmacias Dr. Simi.
- **GNC:** Locales destinados a la venta exclusiva de productos nutricionales como proteínas y multi vitamínicos.
- **Guapa Store:** Locales destinados a la venta de productos de belleza, pero no descuidando la venta de fármacos.
- **Multifunción:** Formato de locales parecido a Drugstore en cuanto a composición de productos, pero con menor variedad y sin góndolas⁵.
- **Multifunción con góndola:** Formato de locales parecido a Drugstore en cuanto a composición de productos, pero con menor variedad. Posee góndolas.
- **Perfumería Nativa:** Locales destinado a la venta de perfumes, cremas, productos de belleza en general (Estilo Pre Unic).

A continuación se muestra la distribución de locales según se formato:

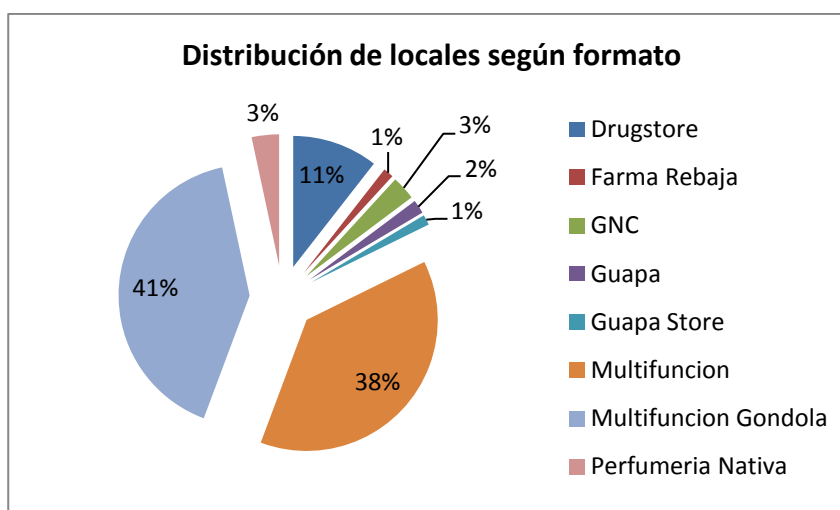


Ilustración 15: Distribución de locales según formato de sala. Fuente: Elaboración propia

⁵ **Góndola:** Vitrina donde se exponen productos en sala de venta

De la ilustración anterior se observa que los formatos Multifunción y Multifunción Góndola son los más comunes, representando cerca del 80% de los locales de la cadena en RM.

6.2.2. Acceso a locales

El acceso a los locales puede ser peatonal o estacionamiento propio. Este aspecto es importante de analizar ya que en general locales que posean estacionamiento propio tienen menos restricciones horarias en cuanto a la recepción de la mercadería. A continuación se muestra la distribución de locales según tipo de acceso:

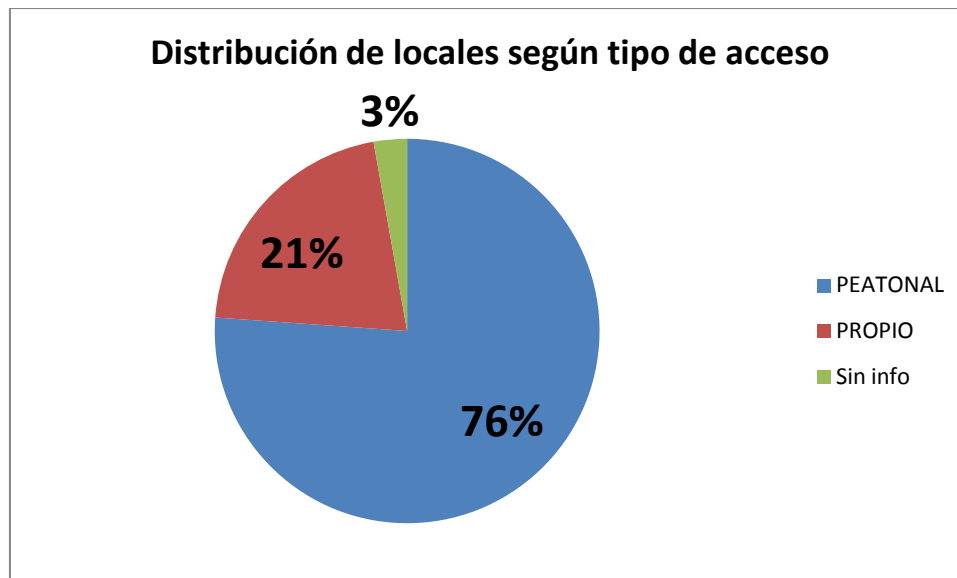


Ilustración 16: Distribución de locales según tipo de acceso en base 219 locales RM. Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. Tamaños de bodegas

Otro aspecto que condiciona el abastecimiento corresponde al tamaño de la bodega, ya que a valores pequeños de ésta, en general, se requerirá un abastecimiento más frecuente en comparación si es que el mismo local, con el mismo nivel de venta, tuviese una bodega de mayor tamaño.

A continuación un gráfico de la distribución del tamaño de las bodegas para locales de RM:

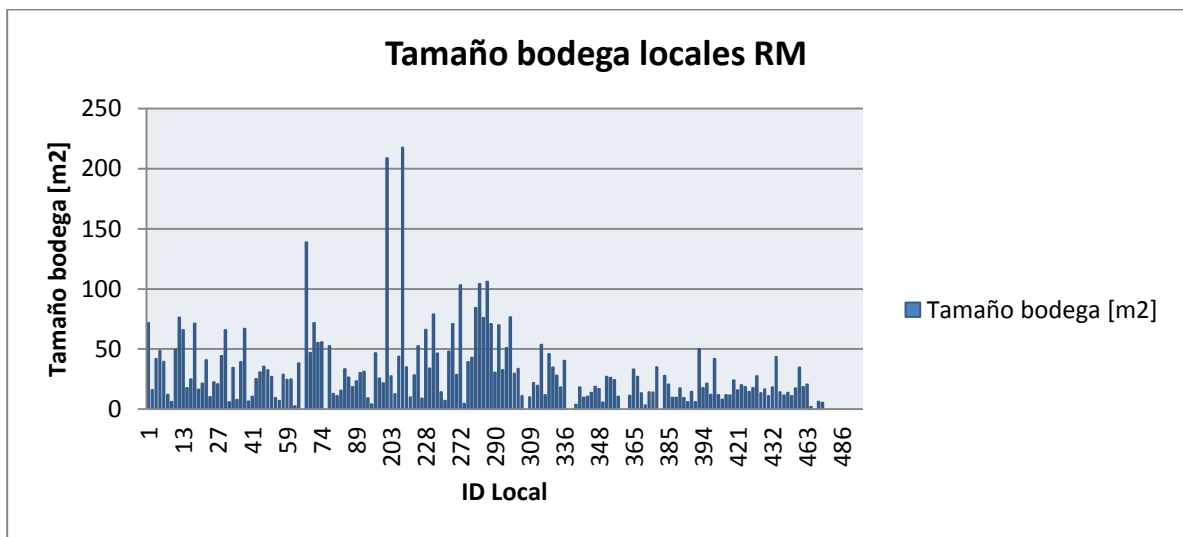


Ilustración 17: Tamaño de bodegas (m2) para locales RM. Fuente: Elaboración propia.

De la ilustración 17 se observa que existe una alta variabilidad del tamaño de la bodega dentro de locales RM, donde el promedio del tamaño de bodegas corresponde a 31,7 m2, con una desviación de 30,8 m2, lo cual demuestra una alta variabilidad en el almacenamiento de mercadería.

Luego, bajo el supuesto de que la bodega se puede llenar hasta 1,5 metros de altura se realizó una conversión de la superficie hacia una medida volumétrica para calcular así los días de stock de acuerdo al tamaño de la bodega y el nivel de despacho hacia cada local, teniendo los siguientes resultados:

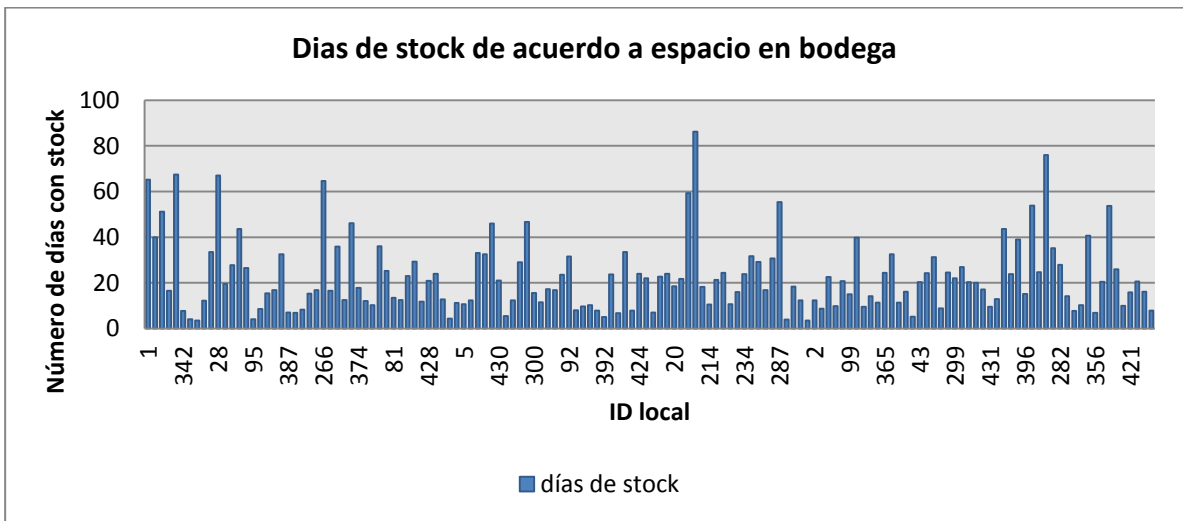


Ilustración 18: Días con stock de acuerdo a capacidad volumétrica y nivel de despacho mes de abril 2014 para locales RM.

De la ilustración anterior se puede observar una alta variabilidad en cuanto a los días de stock para locales de RM, los que están en un rango que va desde 3 hasta 86 días de stock, con un promedio de 22 días y una desviación de 16 días. A su vez, la mediana del conjunto de datos corresponde a 20 días.

6.2.4. Restricción horaria en la recepción de pedidos

Dentro del despacho hacia locales se debe considerar restricciones horarias que poseen los locales para la recepción de mercaderías desde CDD. Por citar algunos ejemplos, se tiene que en general locales de Santiago Centro deben ser abastecidos a más tardar a las 8 am. Así también, locales dentro de Supermercados y Mall's tienen restricciones horarias dado a que están insertos en una administración común, no así locales que están directos en la vía pública. Cabe destacar que así como en el caso de Stgo. Centro, pueden existir otras zonas (comunas o sector) en lo cual se deban respetar restricciones de tipo municipal. A continuación se muestra la proporción de los locales que presentan restricciones horarias para Región Metropolitana:

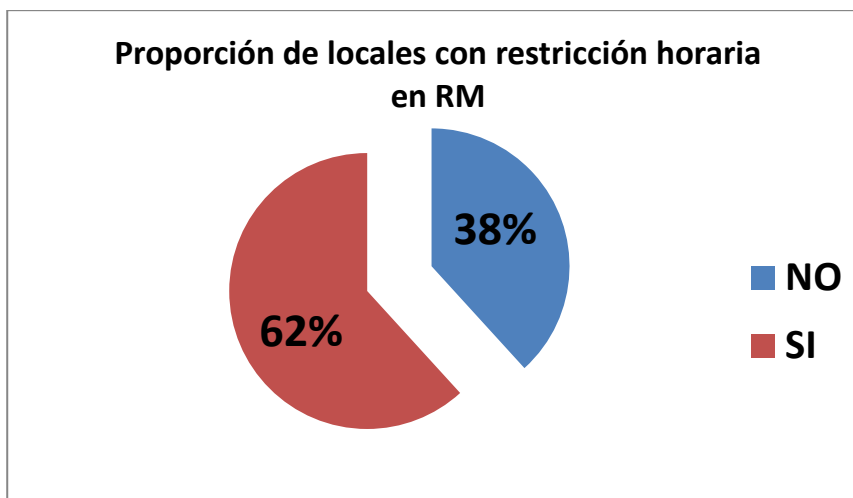


Ilustración 19: Proporción de locales con restricciones horarias para zona centro

De la ilustración 19 se observa que más del 60% de los locales presentan restricciones horarias para el abastecimiento de productos. ([Ir a 17.3](#) para ver el detalle de restricción horaria por local).

A su vez, no todas las restricciones horarias son en el mismo intervalo de tiempo, teniendo 4 tipos de ventanas de tiempos diferentes (sólo dos de ellas representativas dado el

volumen de locales con dicha restricción). A continuación se muestra una distribución de la cantidad de locales según ventana de recepción horaria:

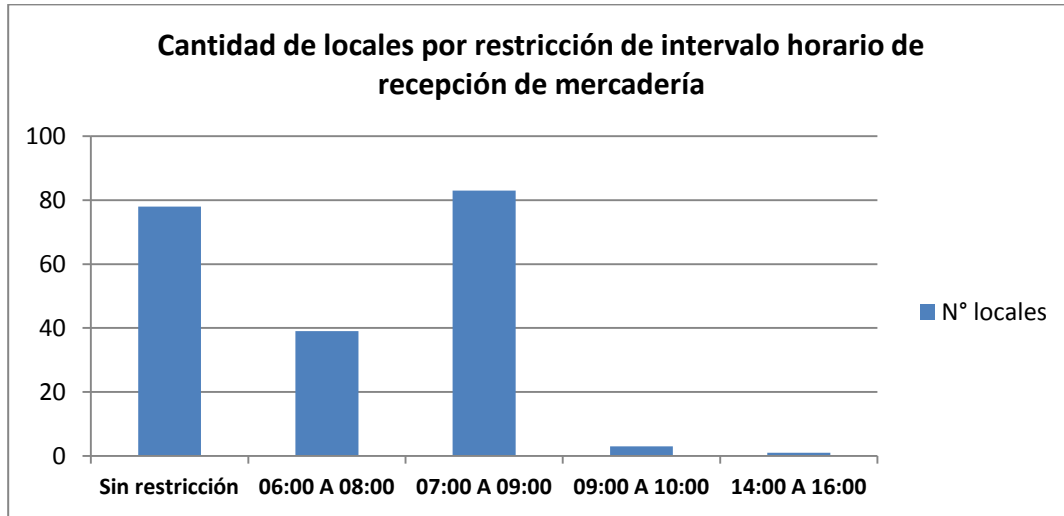


Ilustración 20: Distribución de locales según ventana de restricción horaria en abastecimiento. Fuente: Elaboración propia

De la ilustración 20 se observa que la mayor parte de los locales que presentan restricciones horarias lo hacen en una ventana de tiempo temprana dentro del día, lo cual obliga a generar un despacho lo más eficiente posible en términos de tiempo si se quiere aumentar el nivel de servicio.

Para analizar en profundidad el motivo de las restricciones horarias se procede a hacer un análisis por ventana horaria. A continuación se muestran los locales por comuna para la ventana 6 – 8 am:

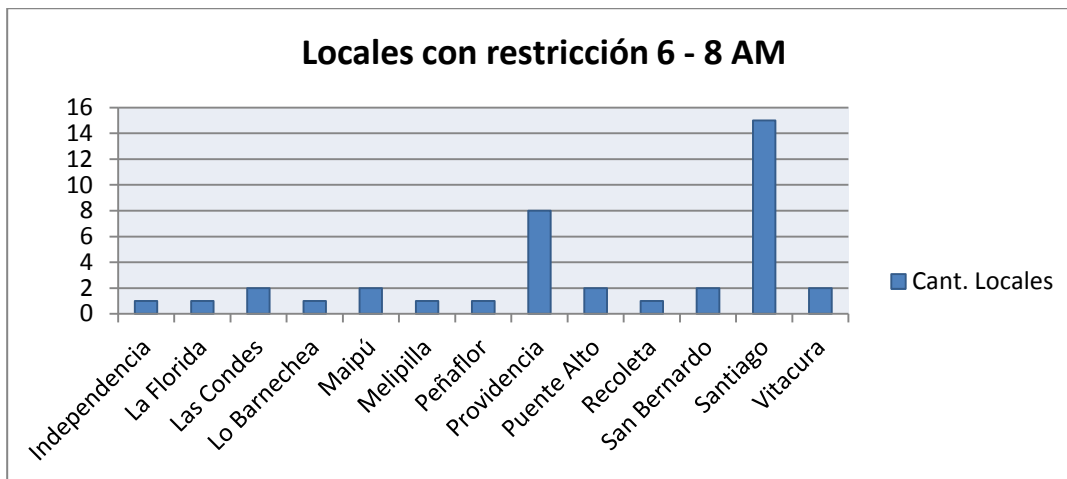


Ilustración 21: Cantidad de locales por comuna para ventana horaria 6 – 8 am. Fuente: Elaboración propia.

De la ilustración 21 se observa que la mayoría de los locales con restricción horaria en esta ventana de tiempo corresponden a locales de las comunas de Santiago y Providencia, esto debido principalmente a dos motivos según personal encargado del área de tráfico de CDD:

- Mayores restricciones de tránsito por parte de estas comunas para la carga y descarga con vehículos de gran tamaño.
- Locales de dichas comunas poseen alta rotación por lo que existe incentivo en abastecer a tempranas horas dentro del día con la finalidad de no entorpecer en la venta.

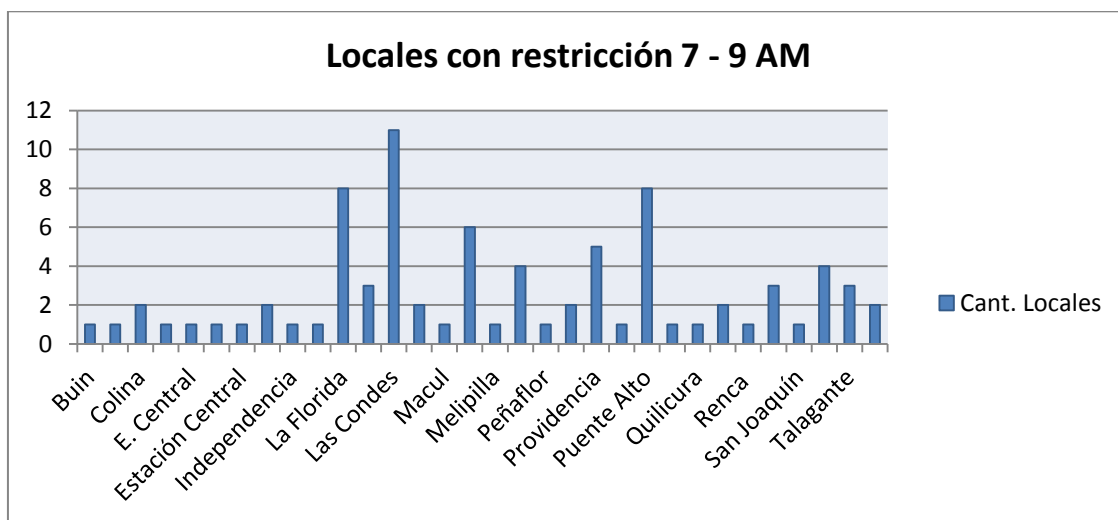


Ilustración 22: Cantidad de locales por comuna para ventana horaria 7 – 9 am. Fuente: Elaboración propia.

Como se ve en la ilustración 22, para la ventana de 7 a 9 am las comunas que presentan mayores locales con restricción horaria son Las Condes, La Florida y Puente Alto. Los motivos de la restricción horaria son los mismos que la restricción anterior.

6.2.4.1. Análisis de despachos actuales versus restricciones horarias

Para poder entender la naturaleza de las ventanas horarias, es común analizar la rigidez de ésta, con la finalidad de poder determinar si corresponde a una de las siguientes 3 situaciones:

- Ventana horaria dura (donde simplemente no se puede abastecer fuera de la ventana de tiempo).
- Restricción blanda con pequeñas holguras, donde existen holguras que permiten violar la restricción horaria, abasteciendo fuera de la ventana en un rango razonable (más menos una hora por ejemplo).

- c) Restricción de tiempo no atendida: Donde puede suceder que en la teoría se manejan restricciones de tiempo para el abastecimiento, pero concluirse que en la práctica estas ventanas no son consideradas debido a violaciones grotescas de dichas ventanas (por ejemplo abastecer más allá de dos o tres horas fuera de la ventana). En estos caso lo que se hace es simplemente modelar sin ventana de tiempo considerando que el despacho actual no las respeta en lo absoluto.

El análisis de los despachos con respecto a las restricciones horarias teóricas se presenta en [sección 6.6.2](#).

6.2.5. Frecuencia de abastecimiento a locales

Una vez que se crea un nuevo local, a éste se le asigna una frecuencia de abastecimiento, la cual depende de variables como: formato, nivel de ventas y tamaño de bodega. Actualmente existen 4 tipos de frecuencia de abastecimiento: 3, 4, 5 y 6 veces por semana. Una vez determinada la frecuencia, los días específicos de abastecimiento por local dependerán de las necesidades particulares del local pero sobre todo de la disponibilidad que hay en los camiones para dichos días. Es decir, por ejemplo para dos locales con frecuencia 3, uno puede ser abastecido Lunes, Miércoles y Viernes, y otro Martes, Jueves y Sábado.

A continuación se muestra la distribución de locales según frecuencias de abastecimiento:

Frecuencia	Cantidad de Locales	Proporción [%]
3 veces	29	15%
4 veces	56	28%
5 veces	17	9%
6 veces	96	48%
Total general	198	100%

Tabla 2: Distribución de locales según frecuencias de abastecimiento (Información a Octubre 2013),
Elaboración propia según datos proporcionados por CDD

Fuente:

De la tabla 2 se observa que casi la mitad de los locales (96 locales) se abastecen con máxima frecuencia (6 días por semana). De esta cifra, agentes de CDD han reportado que cerca de 70 locales corresponden a locales considerados con alta rotación, los que por su nivel de ventas mayor al promedio son abastecidos todos los días.

6.3. Productos

6.3.1. Categorías de productos

De cara a la sala de venta existen dos grandes categorías: Farma y Consumo. División Farma corresponde a cualquier producto farmacéutico. Por su lado Consumo corresponde a cualquier producto anexo situado en la farmacia, no destinado a la salud (por ej: Té, agua mineral, perfumes, desodorante, higiene bucal, etc).

A su vez, cada una de estas categorías contiene sub categorías como se muestran a continuación:

- I. Farma
 - a) **Farma RX:** Productos farmacéuticos generales
 - b) **Farma OTC:** Productos farmacéuticos con receta retenida
 - c) **Recetario:** Medicamentos hecho en base a pedido
- II. Consumo
 - a) **Bebe:** Productos dedicados a bebés (pañales, leches, etc)
 - b) **Belleza:** Productos de belleza como cremas, perfumes, etc
 - c) **Cuidado Personal:** Dedicados al cuidado personal (desodorantes, cepillos de dientes, etc)
 - d) **General:** Productos no pertenecientes a categorías anteriores.

Importante es destacar que estas categorías corresponden a una categorización comercial que hace la compañía, la cual no tiene relación con las categorías de despacho que se definirán más adelante.

6.3.2. ABC de productos

Con la finalidad de poder determinar la importancia que posee un producto para la venta de un local, la empresa ha definido una categorización ABC de los productos según el porcentaje acumulado que suma dicho producto en el total de la venta de un local en particular. Para llevar a cabo la clasificación se ordenan los productos en orden decreciente de ventas. Poseerán clasificación “A” todos aquellos productos que sumen hasta un 80% del total del volumen vendido. Luego, clasificación “B” todo los productos que sumen hasta un 95% de la venta del local y finalmente clasificación “C” los productos restantes.

Esta categorización se hace por las categorías de productos presentadas en sección anterior, con la finalidad de poder comparar productos dentro de una misma categoría. A su vez, la clasificación ABC de un producto se hace para cada local y también para la compañía en

general, pudiendo por ejemplo un producto tener clasificación “A” en un local, pero “C” a nivel global o viceversa.

Para poder observar las diferencias en la clasificación ABC de producto, se procede a mostrar un resumen de la clasificación para la Compañía y para un local en particular.

Clasificación Compañía	Clasificación Local			Total general
	A	B	C	
A	59%	30%	11%	100%
B	28%	38%	33%	100%
C	15%	31%	54%	100%
Total general	35%	33%	31%	100%

Tabla 3: Comparación ABC producto compañía versus clasificación local

De la tabla 3 se puede observar que existen discrepancias entre el ABC producto a nivel Compañía y la misma clasificación a nivel general. A modo de ejemplo, para la clasificación A de los productos de la compañía, sólo el 59% de los mismos poseen la misma clasificación en el local analizado. Esta situación revela ciertas tendencias dentro de un local con respecto al promedio de la cadena, donde puede suceder que dependiendo del sector geográfico, un producto en particular posea una mayor venta en comparación con los demás locales de la Compañía.

6.4. Contrato

El contrato que mantiene FASA con la empresa de transporte externo es uno de tipo indefinido, en el que cualquiera de las dos partes puede poner fin al mismo dando aviso previo sin multa alguna. En él se estipulan los siguientes puntos:

- Entrega directa en locales sin consolidaciones de carga⁶ (mezcla con otros productos no farmacéuticos)
- Sin límites de puntos de entrega
- Vehículos poseen control GPS
- Existen seguros por 4.000 UF en mercaderías
- Valores incluyen retornos desde locales con bandejas vacías

⁶ **Consolidación de carga:** Término utilizado para referirse al transporte de mercaderías de diferente naturaleza en un mismo vehículo. Por ejemplo: transportar productos farmacéuticos en un mismo camión con productos alimenticios (carne por ejemplo).

- Flota se mantiene disponible Sábados y festivos

En cuanto a los costos asociados a la flota, el valor para Región Metropolitana es de \$115.000 por viaje, independiente de la cantidad de locales que se visite y de la distancia recorrida (siempre que no excedan los 150 km). Este valor incluye a un conductor y un pioneta por camión.

A su vez existe restricción horaria en cuanto a la jornada laboral de estos últimos, donde hay un máximo de 7,5 hrs desde que el camión sale de CDD hasta su regreso al mismo punto.

6.5. Flota

6.5.1. Características de la flota

La flota contratada por CDD corresponde a 37 camiones, de los cuales 25 son destinados a rutas RM. Cada camión cuenta con sistema GPS, el cual permite rastrear la apertura y cierre de puertas, posicionamiento del camión, sensor de temperatura, entre otros. Los vehículos poseen una antigüedad máxima de 2 años.

Cabe señalar que la flota es homogénea, es decir, no existe diferencia alguna entre camiones (tamaño, accesorios adicionales) que hagan restrictivo o adecuado cierto camión para cierto tipo de locales y/o productos a despachar. La capacidad de cada uno de ellos es de 20 m³ y la principal restricción corresponde al impedimento de tránsito por Santiago Centro después de las 10 am.

A continuación se muestra una imagen referencial de la flota que utiliza la compañía:



Ilustración 23: Camiones utilizados para el despacho de productos hacia locales. Fuente: Presentación área Contraloría FASA.

6.5.2. Dotación de flota por zona geográfica

Se tiene que la dotación de camiones por zona geográfica es la siguiente:

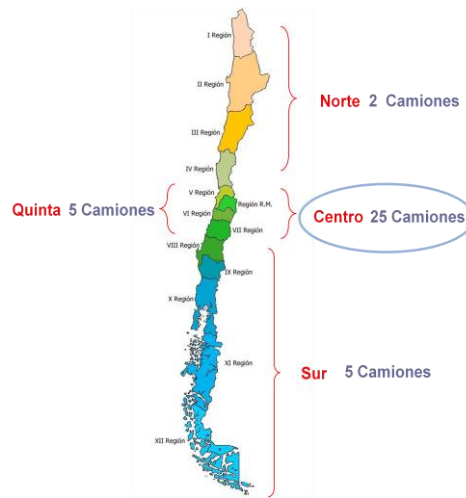


Ilustración 24: Distribución de flota por zona

En ilustración 24 se observa que la mayor dotación de camiones se tiene para Región Metropolitana (zona Centro), lo que es concordante con el hecho de que zona centro es aquella con mayor porcentaje de ventas y cantidad de locales.

Cabe señalar que actualmente los camiones realizan despachos 6 días a la semana, dejando el día domingo libre debido a que gran parte de los locales no abren ese día.

6.5.3. Utilización de la capacidad volumétrica de la flota

Un aspecto clave dentro de rubro del transporte es medir la utilización del recurso (camión) con respecto a su capacidad volumétrica total (20 m³). A continuación se muestra el porcentaje de ocupación promedio por ruta RM para abril 2014:

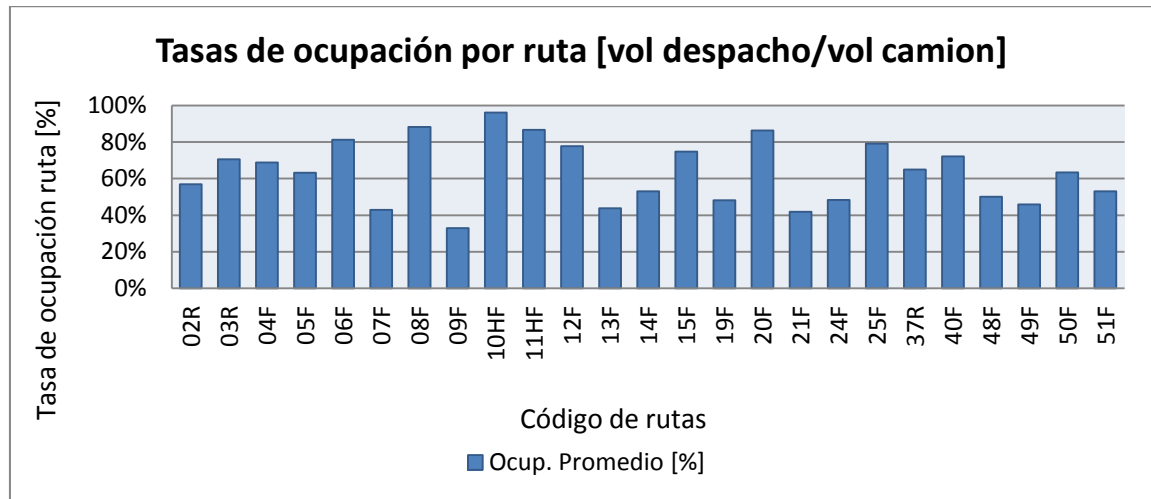


Ilustración 25: Tasa de utilización por ruta RM (abril 2014), 24 datos utilizados para el cálculo de cada utilización promedio.
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 25 se observa una tasa de ocupación promedio de un 64%, la cual fue estimada por el alumno a partir de los productos despachados para todas las categorías, haciendo una conversión volumétrica para cada una de ellas. Si bien, el benchmark de mercado no es más alentador (46,7% para el año 2012 [1]), debido a la brecha que dista el porcentaje de la Compañía versus una utilización de la capacidad completa, se estima que se puede optar a un aumento de al menos un 5% en la tasa de utilización, llegando a valores cercanos al 70%.

A su vez, se entiende que es imposible tener una tasa de utilización del 100% en todos los camiones, ya que pueden existir restricciones (por ejemplo de tiempo de retorno a CDD o ventanas horarias) que hacen que el viaje quede saturado por dicha restricción antes que por capacidad del vehículo. Sin embargo se estima que pueden existir rediseños de la política de despacho que permitan aumentar dicho porcentaje de utilización al valor mencionado. Otro factor que influye en no llegar al 100% de ocupación es el factor de estiba, el cual se define como el porcentaje máximo al cual se puede llenar un vehículo, el que se ve limitado debido a que bultos despachados por los camiones no se pueden acopiar perfectamente uno al lado del

otro (geometría de los productos a despachar), quedando espacios vacíos entre bulto y bulto, impidiendo ocupar el volumen del camión en su totalidad.

6.6. Rutas

En Región Metropolitana existen 25 rutas, donde cada camión de la flota cubre una de ellas. Una ruta corresponde a una consecución de locales a visitar, donde se parte siempre del mismo lugar (establecimiento CDD, ruta 68 km 14) y luego de haber visitado a todos los locales, se vuelve a CDD. Tal como se mencionó en [sección 6.2.5](#), dependiendo de su frecuencia de abastecimiento, los locales pueden ser abastecidos desde 3 a 6 veces por semana, sin embargo, independiente de la frecuencia, la ruta que abastece dicho local se realiza los 6 días de la semana (Lunes a Sábado), salvo que tendrá una cantidad variable de locales en cada día.

6.6.1. Criterio actual de asignación de nuevo local a ruta

Con los niveles de despacho que tiene CDD actualmente, la incorporación de un nuevo local a una ruta no es trivial. La política actual de inclusión de un nuevo local a una ruta consiste en:

1. Verificar frecuencia de envío de local.
2. Identificar geográficamente la zona donde se encuentra situado nuevo local.
3. Identificar rutas cercanas a zona geográfica determinada en paso 2.
4. Verificar nivel de ocupación para cada ruta identificada en paso 3.
5. Incluir local a aquella ruta que posea un menor porcentaje de ocupación.

6.6.2. Nivel de servicio (entregas a tiempo)

Si bien actualmente el área de tráfico no mide la calidad del servicio que se entrega en cuánto al despacho, se procede a definir el nivel de servicio de un día como el porcentaje de veces en el cual se cumple la entrega a locales dentro de la ventana de tiempo que cada local tiene establecido como horario de recepción de mercaderías de acuerdo a restricciones propias de su locación. Por ejemplo, si un cierto día se abastecen 100 locales, y de ellos sólo 60 se abastecen en la ventana horaria designada por cada local y los otros 40 se abastecen fuera de ella, entonces el nivel de servicio de ese día será del 60%. Para efectos comparativos posteriores, podría corresponder a un indicador que se calculara para cada instancia de resolución (locales del día, locales de una ruta, etc).

$$\text{Nivel servicio} = \frac{\text{Cantidad de locales abastecidos dentro de ventana horaria}}{\text{Cantidad total de locales abastecidos}} \times 100 \%$$

Según datos proporcionados por la empresa y en base a información para 204 locales en RM, se ha concluido que el nivel actual de servicio con el que cuenta el área de despacho CDD corresponde a:

- Para el caso de la totalidad de locales actuales en RM, el nivel de servicio es 47%. Este cifra se ve abultada debido a que dentro de dicho porcentaje están incluidos aquellos locales que no tienen restricción horaria (o, lo que es lo mismo, restricción horaria 6 hrs – 22 hrs), los cuales poseen un 100% de servicio.
- Si se apartan aquellos locales sin restricción horaria (80 locales aprox.), el nivel de servicio disminuye al 14%, es decir sólo 18 de los 125 locales con alguna restricción horaria son abastecidos dentro de su ventana de tiempo, llegando fuera de ella en la mayoría de los casos (86% restante). Este nivel de servicio corresponde al promedio de las horas de entrega para el mes de abril 2014. (Cabe destacar que mes de abril no representa un mes anormal dentro del período de un año, según personal a cargo de área de tráfico CDD).

Por su lado, no existe un costo plausible de abastecer fuera de horario en cuanto a que el local no acepte la mercadería si el camión llega fuera de horario, sin embargo, como se vio en [sección 6.1.3.2](#), idealmente el abastecimiento se debe hacer antes del primer peak de demanda (13 hrs aprox.), con el objetivo de no entorpecer la atención al público en locales. Así también, existen restricciones comunales (como por ejemplo en Stgo. centro) y de administración que implican abastecer en ciertos horarios.

A continuación se muestra el nivel de servicio por ventana horaria:

Intervalo horario	Normal	Atrasado	Cantidad de Locales
06:00 A 08:00	0%	100%	38
07:00 A 09:00	18%	82%	83
09:00 A 10:00	67%	33%	3
14:00 A 16:00	100%	0%	1
Totales	14%	86%	125

Tabla 4: Niveles de servicio según ventana horaria de recepción. Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por CDD.

De la tabla 4 se observa que el nivel de atrasos va disminuyendo a medida que la ventana horaria avanza en el día, por lo que en general es más difícil cumplir con restricciones en una ventana horaria temprana en comparación con una más tarde dentro del día.

En [capítulo 12](#) se mostrará qué tan rígidas son estas ventanas de tiempo, presentando a su vez un análisis de sensibilidad del resultado entregado con respecto a holguras en dichas ventanas.

6.6.3. Traslape de rutas

Existen casos en los que en cierto sector de RM hay dos camiones despachando y luego se vislumbran despachos de los mismos camiones en otro sector apartado geográficamente del primero. La lógica diría que conviene intercambiar locales entre rutas, destinando un solo sector por camión, y optimizando así la distancia (en definitiva tiempo) que debe recorrer cada camión para llegar al local siguiente. Sin embargo, existen casos reportados por el área de despacho de CDD en que por restricciones horarias es imposible abastecer dos locales cercanos con un mismo camión, ya que los intervalos horarios de recepción son muy acotados (ya sea por restricción comunal, de local o administrativo en caso de centros comerciales).

Para poder testear la situación descrita con anterioridad y verificar si efectivamente las estrechas ventanas horarias son una razón del porque locales cercanos son abastecidos por diferentes rutas, en tabla 7 se muestran todas la interacciones (532 interacciones) entre locales que están a menos de 2 km de distancia con otro local y que a su vez ambos pertenecen a diferentes rutas.

Cuenta de Igual ruta	Ventanas local j				Total general
Ventanas local i	00:00 A 23:59	06:00 A 08:00	07:00 A 09:00	09:00 A 10:00	
00:00 A 23:59	17%	7%	13%	0%	36%
06:00 A 08:00	7%	23%	5%	1%	36%
07:00 A 09:00	13%	5%	8%	0%	27%
09:00 A 10:00	0%	1%	0%	0%	1%
Total general	36%	36%	27%	1%	100%

Tabla 5: Porcentaje de locales que están a menos de dos 2 km de distancia de otro local y ambos locales pertenecen a diferentes rutas.

Si se analiza con respecto al total de las interacciones que cumplen condiciones de distancias menores a 2 km y diferentes rutas, se puede observar que la mayor parte de las interacciones (23%) corresponden a locales que poseen misma ventana horaria (6 – 8 hrs), esto explica en parte el porqué pueden existir locales cercanos que sean abastecidos por diferentes rutas, lo que radica en la estrecha ventana de tiempo que se tiene (2 hrs). Sin embargo, el 36% de las interacciones ocurren entre locales que pueden ser abastecidos en cualquier horario con otro local que debe ser abastecido en alguna ventana horaria en particular, cifra que da cuenta de que existen espacios para mejoras rediseñando las rutas.

La situación descrita anteriormente se puede visualizar en la ilustración 26, donde lo que se hizo fue georeferenciar a través de la herramienta Google Maps cada uno de los más de 200 locales presentes en zona centro.

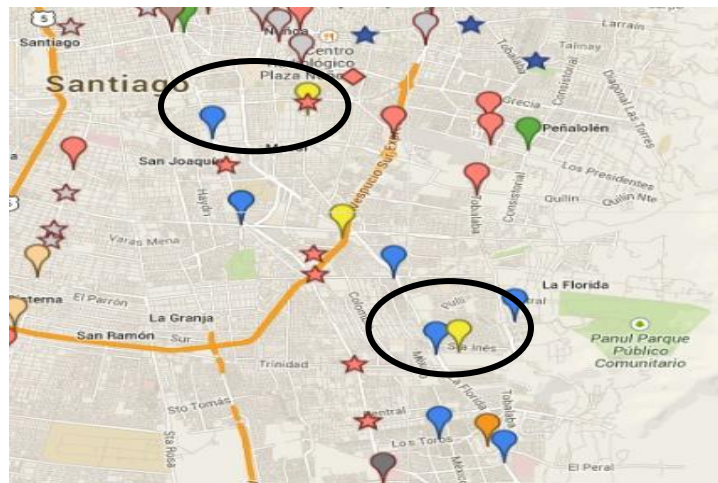


Ilustración 26: Vista gráfica del traslape de rutas en zona centro, Fuente: Elaboración propia

A partir de lo anterior, se estima que reasignaciones de locales a rutas o bien el rediseño de las mismas puede contribuir significativamente en la optimización del transporte desde CDD a locales, esto debido a que la minimización del traslape de rutas (cruce de camiones) hace que

los camiones reduzcan su tiempo en ruta, por lo que se reducirá el número de camiones que salen con menor utilización al llenarse primero por la restricción de tiempo en ruta antes que por capacidad volumétrica. En conclusión, la finalidad es intentar que los camiones se llenen primero por capacidad antes que por tiempo, aumentando así la ocupación media y permitiendo reducir el nivel de flota.

6.6.4. Tiempo en ruta

Un indicador que ayuda a entender los aspectos que impactan en la ruta toma en cuenta los siguientes aspectos:

- **% tiempo en viaje:** Corresponde a la proporción del tiempo en ruta que el camión destina a trasladarse entre locales y desde CDD hacia locales así como también desde locales hacia el CDD.
- **% tiempo en locales:** Corresponde a la proporción del tiempo en ruta que el camión destina a la entrega y auditoría de productos en locales, vale decir, el tiempo desde que un camión llega a un local hasta que hace abandono de éste, esto para todos los locales que visita dicho camión.

De las definiciones mostradas con anterioridad se hizo la descomposición del porcentaje del tiempo en viaje por ruta, teniendo los siguientes resultados:

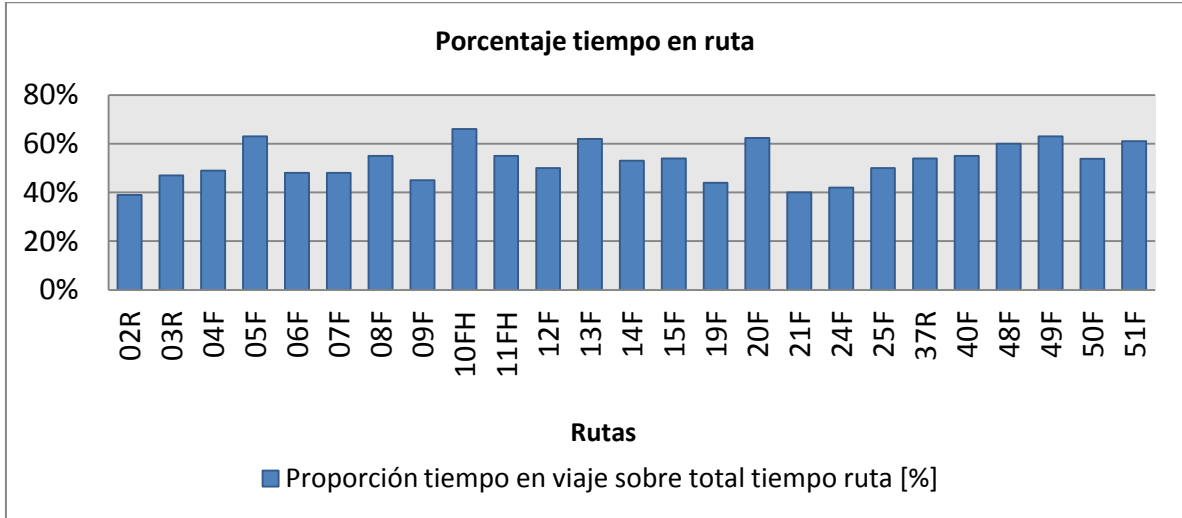


Ilustración 27: Porcentaje de tiempo en viaje sobre el total de tiempo en ruta (datos período Enero - Junio 2014). Fuente: Elaboración propia.

De la ilustración anterior se concluye que el porcentaje promedio que los camiones pasan trasladándose es de un 53%. Luego un 47% del tiempo en ruta se destina a descarga, entrega y auditoría de productos en locales. En el traslado, la variable que más influye es la distancia recorrida, la cual se pretende disminuir a través de heurísticas de ruteo. En la descarga, la auditoría es la etapa que mayor tiempo toma, llegando en algunos casos sobre 30 minutos.

6.6.5. Calidad de rutas actuales

En pos de verificar la equidad entre las rutas actuales, se ha creado el siguiente indicador, el cual mide el grado de concentración de locales a lo largo de la ruta:

$$\text{Concentración} = \frac{\text{Cantidad de locales en ruta } k}{\text{Km. recorridos por ruta } k}$$

Este indicador se aproxima a 0 si es que existe baja concentración de locales en ruta y no presenta límite superior a priori para rutas con altas concentración, sin embargo, un límite razonable sería por ejemplo 0,5, lo que corresponde, por ejemplo, a abastecer un local cada 2 km de ruta. Este indicador es ordinal, vale decir, la introducción de éste se hace con el objetivo de poder establecer relación de orden de grado de concentración entre diferentes rutas (rutas más o menos concentradas, dada la cantidad de locales y la extensión de la ruta).

A continuación se presenta el nivel de concentración para cada una de las rutas de RM:

Ruta	Kilómetros Ruta [km]	# Locales ruta [N°]	Concentración [locales/km]
09H	259	8	0,03
24B	93	5	0,05
02F	65	4	0,06
04G	63	4	0,06
03F	117	8	0,07
15J	79	6	0,08
50E	91	7	0,08
20C	90	7	0,08
48G	89	7	0,08
14J	110	9	0,08
13E	120	10	0,08
12E	92	8	0,09
21D	88	8	0,09
40F	88	8	0,09
49F	77	7	0,09
10H	65	6	0,09
11H	96	9	0,09
37F	74	7	0,09
51H	73	7	0,10
19C	67	8	0,12
07G	70	9	0,13
05G	52	8	0,15
08H	39	8	0,21

Tabla 6: Nivel de concentración para rutas RM

De la tabla 6 se observa que existen grandes diferencias entre rutas en cuanto a la concentración de locales a lo largo de la ruta. A modo de ilustración de esta situación, se tiene por ejemplo que la ruta 09H abastece a 8 locales distribuidos en 259 Km de ruta (concentración 0,03), versus la ruta 08H con misma cantidad de locales, pero distribuidos en 39 Km de ruta (concentración 0,21), lo que da cuenta de características muy distintas que hacen no poder comparar en igualdad de condiciones a todas la rutas (segunda ruta posee un concentración del orden de 7 veces la concentración de la primar ruta).

6.7. Conclusiones del diagnóstico

A raíz de los antecedentes mostrados en el presente capítulo, en particular la variabilidad de la demanda para diferentes meses del año y semanas del mes, en conjunto con las diversas variables que impactan en la determinación de la frecuencia de abastecimiento, se ha decidido dejar al margen el análisis de esta últimas (frecuencias), enfocando el presente trabajo de título en la reducción del nivel de flota y el aumento del nivel de servicio entregado a locales RM.

Cabe destacar que dada la dimensión del problema de ruteo (más de 150 locales diariamente), la problemática a abordar toma mayor dificultad.

A pesar de lo anterior, importante es señalar que dada las cifras mostradas en [sección 6.2.3](#), donde los días de stock promedio corresponden a 22 días para locales RM, se estima que para un próximo trabajo de memoria vale la pena poder trabajar sobre las frecuencias de envío, tomando en cuenta que actualmente se está abasteciendo con frecuencias de 3,4,5 o 6 veces por semana, lo que da cuenta de que existe espacio para una posible reducción de las frecuencias de envío, posterior a un análisis que cuantifique el trade off que se genera entre los costos de transporte versus los costos de inventarios en bodegas de locales de RM.

7. MARCO CONCEPTUAL Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Dado los antecedentes recopilados, se estima que el principal problema de FASA es la carencia de una política eficiente y definida de envío de mercadería desde CDD a locales RM, la cual responda a la variabilidad de los parámetros que se tienen para los locales (demanda agregada diaria, semanal o mensualmente, distancia con respecto a CDD y otros locales, restricciones de tiempo, velocidad promedio de traslado, tiempos de auditoría, etc.)

Habiendo consultado bibliografía relacionada, el despacho de mercadería está inmerso en el ámbito del ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (espera y descarga de productos en locales). En esta materia existe una amplia variedad de trabajos y tesis que han investigado y aplicado diversas técnicas que permiten la resolución de dicho problema. A continuación se presentan los antecedentes recabados, con una visión crítica sobre cada uno de los trabajos elaborados.

7.1. Memorias anteriores

[2] Rojas, José (Dic. 2012) desarrolla una heurística basada en generación de columnas dinámicas para el ruteo dinámico de vehículos con ventanas de tiempo. Sin embargo, esta heurística está diseñada para un problema de ruteo diferente al que presenta actualmente FASA, ya que la heurística contemplada aplica para llamadas de asistencia técnica de la compañía Xerox, las cual van ocurriendo dinámicamente a medida que el problema de ruteo se está resolviendo. En cambio, en FASA la planificación es más estática, ya que dada las condiciones por local (ventas, bodega, formato, etc.) se estima una frecuencia de envío fija, situación que determina y fija el problema de ruteo a resolver diariamente. Dado lo anterior, se estima que aplicar un modelo de similares características puede ser innecesario para este caso, ya que dado que se sabe a priori la frecuencia de cada local y se tiene completa noción de los locales a cubrir diariamente, situación que no ocurre con la compañía Xerox, donde las llamadas son dinámicas mientras se resuelve el problema de ruteo. En cuanto a la dimensión del problema, la situación de Xerox es de menor escala que la situación que enfrente FASA (105 llamados divididos en sectores antes del ruteo (diariamente), versus 150 locales diarios sin división de sectores respectivamente).

[3] Muñoz, Juan (Septiembre 2006) también desarrolla un modelo basado en generación de columnas para la programación de viajes de camiones en la industria forestal chilena. Dado el mismo argumento anterior, se piensa que utilizar dicha técnica (generación de columnas) puede ser muy elaborada para el problema que se tiene actualmente en la compañía, por lo que se intentará abordar el problema desde un modelo lineal entero mixto, verificando la factibilidad y, en caso contrario, se elaborará un modelo lineal con generación de columnas o algún otro mecanismo de resolución. Por otro lado, la dimensión del problema es reducida, contemplando sólo 15 puntos de oferta (lugares de extracción de madera) y 40 puntos de demanda (lugares de colocación de la madera transportada).

[4] Duarte, Blas (Agosto 2009) desarrolla una heurística basa en generación de columnas para el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo y flota homogénea. Esta memoria representa la situación más parecida a la problemática a abordar en el presente trabajo, donde coinciden las características de ruteo con ventanas de tiempo y flota homogénea.

Dados los argumentos anteriores, el presente trabajo de memoria se basará en técnica parecidas a las utilizadas en la memoria de [4], pudiendo variar el método de resolución, pero teniendo la misma lógica de fondo.

7.2. Heurísticas

Cuando la cantidad de locales a despachar supera los 50, las combinaciones posibles comienzan a aumentar exponencialmente a medida que se agregan más puntos de entrega, y si la formulación del problema es entero mixto, entonces los tiempos aumentan de la misma forma. El problema de esta situación es que en general los tiempos de resolución son acotados como para esperar a tener la solución óptima que reduce los costos, tiempos, distancias, etc. Luego, para estos casos se utilizan heurísticas, las cuales corresponden en general a procedimientos para abordar un problema de mayor envergadura, otorgando soluciones que si bien no corresponden al óptimo, sí son cercanas a éste. La ventaja de las heurísticas es que requieren tiempos considerablemente menores para la obtención de una solución factible y razonablemente sub óptima. Es más, para medir qué tan buena resulta una heurística, se puede establecer alguna relajación al modelo exacto con la finalidad de encontrar una cota para el

óptimo y así establecer una distancia máxima que separa el resultado otorgado por la heurística del óptimo global.

7.2.1. Tipos de heurísticas para el ruteo de vehículos⁷

7.2.1.1. Algoritmo de ahorros

Propuesto por Clarke y Wright, corresponde a uno de los algoritmos más difundidos en el ámbito del VRP (vehicle routing problem). El algoritmo calcula el ahorro entre dos puntos (locales de venta) de la siguiente forma:

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

S_{ij}: Ahorro generado por ir de local i a local j

C_{i0}: Costo de ir desde local i a Centro de distribución

C_{0j}: Costo de ir desde Centro de distribución a local j

C_{ij}: Costo de ir desde local i a local j

Los signos positivos en Ecuación 1 hacen incrementar el ahorro al no tener que viajar desde i a CDD ni de CDD a j. El signo negativo radica en que ahora habrá un viaje de local i a local j que antes no estaba contemplado, lo cual disminuye el ahorro.

7.2.1.1.1. Pseudo Código heurística de ahorros⁸

- **Paso 1:** (inicialización). Para cada cliente i construir la ruta (0, i, 0).
- **Paso 2:** (cálculo de ahorros). Calcular s_{ij} para cada par de clientes i y j.
- **Paso 3:** (mejor unión). Sea $s_{i^*j^*} = \max s_{ij}$, donde el máximo se toma entre los ahorros que no han sido considerados aún. Sean r_{i^*} y r_{j^*} las rutas que contienen a los clientes i^* y j^* respectivamente. Si i^* es el último cliente de r_{i^*} y j^* es el primer cliente de r_{j^*} y la combinación de r_{i^*} y r_{j^*} es factible, combinarlas.
- **Paso 4:** Eliminar $s_{i^*j^*}$ de futuras consideraciones. Si quedan ahorros por examinar ir a 3, si no terminar.

⁷ Fuente: [1]

⁸ Fuente: [5]

7.2.1.2. Heurísticas de inserción

Corresponde a heurísticas donde la construcción de las rutas se hace insertando secuencial o en paralelo algún cliente (local) que no haya sido visitado hasta esa iteración. En la inserción secuencial sólo se incorpora cliente en la última ruta creada, a diferencia de la versión en paralelo donde cliente puede ser insertado en cualquier ruta creada hasta dicha iteración.

Una desventaja del enfoque secuencial es que los últimos clientes no visitados tienden a estar dispersos y por tanto la construcción de las últimas rutas posee un costo muy elevado debido a que deben recorrer grandes distancias para visitar a los clientes restantes. Para remediar esta deficiencia se tiene el enfoque en paralelo, donde un cliente no visitado puede ser insertado en cualquiera de las rutas anteriormente creadas en la solución, no solo en la última. A continuación algunas heurísticas de inserción:

7.2.1.2.1. Inserción secuencial de Mole and Jameson

En este enfoque se utilizan dos medidas para determinar el cliente y su posición dentro de la solución parcial. Lo primero es calcular es la mejor posición en que se puede ubicar cada cliente no visitado, tomando en cuenta las distancias a cada nodo de la solución parcial, no reordenando nodos que están en la ruta.

Se tiene una ruta $(v_0, v_1, \dots, v_t, v_{t+1})$ donde $v_0 = v_{t+1} = \mathbf{0}$. Si w es un cliente no visitado, el costo de insertar w entre v_i y v_{i+1} ($0 \leq i \leq t$) se define como:

$$c_1(v_i, w) = \begin{cases} c_{v_i, w} + c_{w, v_{i+1}} - \alpha c_{v_i, v_{i+1}} & \text{si } (v_0, \dots, v_i, w, v_{i+1}, \dots, v_{t+1}) \text{ es factible} \\ \infty & \text{si no} \end{cases}$$

La mejor posición para insertar el cliente w en la ruta viene dada por:

$$i(w) = \arg \min_{i=0, \dots, t} c_1(v_i, w)$$

El problema de considerar sólo esta medida c_1 radica en que cuando se decida el próximo cliente a insertar, es muy probable que clientes lejanos no sean tomados en cuenta sino hasta iteraciones finales, cuando dichos clientes sean las únicas alternativas factibles. Luego, como una medida de corrección se define $c_2(v_i, w) = \mu c_{ow} - c_1(v_i, w)$, el cual incorpora un incentivo (llamado *medida de urgencia*) donde lo que se busca ahora es elegir el cliente que maximiza c_2 y se inserta en la posición que minimiza la medida $c_1(i(w))$.

7.2.1.2.1.1. Pseudo código Algoritmo de Mole & Jameson

- **Paso 1 (creación de una ruta):** Si todos los clientes pertenecen a alguna ruta, terminar. Si no, seleccionar un cliente no visitado w y crear la ruta $r = (0, w, 0)$.
- **Paso 2 (inserción):** Sea $r = (v_0, v_1, \dots, v_t, v_{t+1})$ donde $v_0 = v_{t+1} = 0$. Para cada cliente no visitado w , calcular $i(w) = \arg \min_{i=0, \dots, t} c_1(v_i, w)$. Si no hay inserciones factibles, ir al paso 1. Calcular $w^* = \arg \max_w c_2(v_{i(w)}, w)$. Insertar w^* luego de $v_{i(w^*)}$ en r .
- **Paso 3 (optimización):** Aplicar el algoritmo 3-opt ([sección 7.3.1](#)) sobre r . Ir al paso 2.

El objetivo de la inserción de α y μ es poder modificar el criterio de selección de clientes. Al hacer crecer el parámetro α se favorece la inserción de clientes entre nodos lejanos; y al aumentar el valor de μ se privilegia la inserción de clientes lejanos al depósito.

7.2.1.2.2. Inserción en paralelo de Christofides, Mingozzi y Toth

El presente algoritmo funciona en dos etapas. En la primera se define la cantidad de rutas a utilizar, junto con la determinación del primer cliente con el que se inicia cada ruta. En la segunda fase se crean las rutas y se insertan el resto de los clientes a visitar.

En la primera etapa se lleva a cabo el algoritmo de inserción secuencial, sin dar importancia al orden donde se insertan los clientes ya que se sabe que serán los clientes iniciales de cada ruta.

En la fase 1, para inicializar la k -ésima ruta se selecciona un cliente V_k dentro de los no visitados. Se define el costo de insertar el cliente w en la ruta que contiene a V_k como $\delta_{w, v_k} = c_{ow} + \lambda c_{w, v_k}$ (si el cliente no puede ser insertado, la función toma el valor ∞) y se asignan clientes a la ruta comenzando por los menores valores de δ hasta que no haya inserciones factibles, en cuyo caso se crea una nueva ruta o se termina el algoritmo.

El pseudo código de la fase 1 es el siguiente:

**7.2.1.2.2.1. Pseudo código algoritmo algoritmo Christofides,
Mingozi y Toth (Fase 1)**

- **Paso 1 (nueva ruta).** Hacer $k := 1$.
- **Paso 2 (cliente inicial).** Seleccionar un cliente no visitado V_k para insertar en la ruta. Para cada cliente no visitado w , calcular δ_{w,v_k} .
- **Paso 3 (inserciones).** Calcular $w^* = \mathit{argmin}_w \delta_{w,v_k}$ sobre los clientes no visitados w . Insertar w^* en la ruta y aplicar el algoritmo 3-opt. Si quedan clientes no visitados que puedan insertarse en la ruta, ir a 3.
- **Paso 4 (siguiente ruta).** Si todos los clientes pertenecen a alguna ruta, terminar. Si no, hacer $k := k + 1$ e ir a 2.

En la segunda fase del algoritmo se crean k rutas y se las inicializa con los clientes seleccionados en el paso 2 de la fase 1. Cada cliente no visitado se asocia con la ruta en la que el costo de insertarlo es minimizado. Luego, se selecciona una ruta cualquiera en la que se insertan los clientes que tiene asociados. Para decidir el orden en que se insertan los clientes asociados a una ruta se calcula, para cada cliente, la diferencia entre el costo de realizar la inserción en esa ruta y en la segunda mejor opción para él. Cuanto mayor es esa diferencia, mayor es la urgencia por insertar dicho cliente en esta ruta.

**7.2.1.2.2.2. Pseudo código algoritmo algoritmo Christofides,
Mingozi y Toth (Fase 2)**

- Paso 5 (inicialización). Crear k rutas $r_t = (\mathbf{0}, v_t, \mathbf{0})$ para $t = 1, \dots, k$, siendo k la cantidad de rutas obtenidas en la fase 1. Sea $J = \{r_1, \dots, r_k\}$.
- Paso 6 (asociación). Para cada cliente w que no haya sido visitado calcular $t_w = \mathit{armin}_{t|r_t \in J} \delta_{w,v_t}$.
- Paso 7 (urgencias). Seleccionar $r_t \in J$ y hacer $J := J \setminus r_t$. Para cada cliente w tal que $t_w = t$, calcular $t_w' = \mathit{armin}_{t|r_t \in J} \delta_{w,v_t}$ y $t_w = t' - t_w$.
- Paso 8 (inserción). Calcular $w^* = \mathit{armin}_{w|t_w=t} t_w \tau_w$. Insertar w^* en la ruta r_t y aplicar el algoritmo 3-opt. Si quedan clientes asociados a r_t que pueden ser insertados, ir a 8.

- Paso 9 (finalización). Si $J = \emptyset$, ir a 6. Si todos los clientes han sido visitados, terminar. Si no, aplicar el algoritmo nuevamente (incluyendo la fase 1) sobre los clientes no visitados.

7.2.1.3. Métodos asignar primero - rutear después

Corresponden a métodos en dos etapas donde en la primera se crean grupos de locales (clusters) en base a algún criterio (distancia, volumen despacho, productos) y en una segunda etapa se resuelve un problema de ruteo para cada uno de los grupos creados en primera etapa. Las restricciones de capacidad de los vehículos deben ser consideradas en primera etapa.

Dentro de estos métodos se encuentran heurística de barrido o sweep, heurística de asignación generalizada de Fisher y Jaikumar y heurística de localización de Bramel y Simchi-Levi entre otros.

De acuerdo a un trabajo investigativo realizado en [5], se ha establecido que dentro de los métodos heurísticos mostrados con anterioridad, heurística de ahorros de Clarke and Wright es una de las heurísticas que presenta mejor desempeño en cuanto a la reducción de los kilómetros recorridos. También se ha mostrado que dado que heurísticas están en general enfocadas a reducción de kilometraje, el nivel de flota para cada método de resolución es similar. Luego, a pesar de que el objetivo es reducir el nivel de flota, siempre será un beneficio adicional poder reducir la distancia recorrida. De acuerdo a esto, se utilizará heurística propuesta por Clarke and Wright como el método de solución a utilizar.

7.3. Heurísticas de mejora

Una vez que se ha implementado alguna de las heurísticas propuestas en el punto anterior, existe la posibilidad de probar una mejora de la solución a través de heurísticas de ruteo. La técnica más utilizada son los procedimientos de búsqueda local. A continuación se describirán algunos de los procedimientos más utilizados:

7.3.1. Operador λ -intercambio

Corresponde a uno de los procedimientos de búsqueda local más conocidos. Propuesto por Lin, el operador consiste en eliminar λ arcos de la solución ($\lambda > 1$) y reconectar los τ segmentos restantes. Una solución se dice λ -óptima si no puede ser mejorada utilizando λ -

intercambios. Se llama λ -opt a un algoritmo de búsqueda local que utiliza λ -intercambios hasta alcanzar una solución λ -óptima.

En una ruta que posee n clientes, existen $\binom{n+1}{\lambda}$ formas de eliminar arcos y, dada una elección de arcos a eliminar, existen $2^{\lambda-1}(\lambda - 1)!$ maneras de reconectar la ruta (incluyendo aquella que vuelve a generar la misma ruta). Luego, la cantidad de intercambios posibles es $2^{\lambda-1}(\lambda - 1)! \binom{n+1}{\lambda}$.

Usualmente se implementan 2-intercambios y 3-intercambios (2-opt y 3-opt respectivamente). En general, estas movidas invierten el orden de algunas visitas. Asumiendo que las movidas no afectan la factibilidad y que los costos son simétricos, puede buscarse movidas que mejoren el costo de una ruta sin necesidad de explorar todas las posibilidades. Si no se cumplieran dichos supuestos, buscar λ -intercambios tendría un costo computacional más elevado debido a la necesidad de incorporar chequeos de factibilidad y re-calcular algunos costos.

7.3.2. El operador Or-opt

Una versión reducida del algoritmo 3-opt es el algoritmo Or-opt, que consiste en eliminar una secuencia de k clientes consecutivos de la ruta y colocarlos en otra posición de la ruta, de modo que permanezcan consecutivos y en el mismo orden. Primero se realizan las movidas con $k = 3$, luego con $k = 2$ y finalmente con $k = 1$. En la ilustración 28 se muestra una ruta y todas las posibles maneras de reubicar los 3 primeros clientes a la manera de Or-opt. Si una ruta visita n clientes existen $O(n^2)$ de estas movidas.

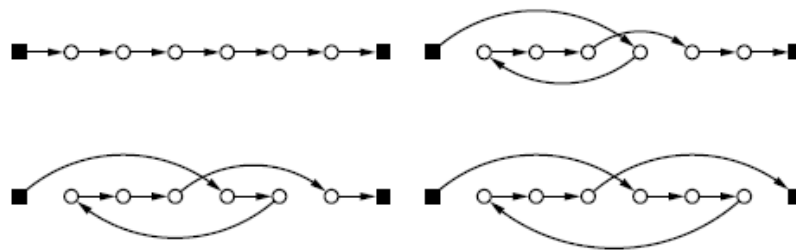


Ilustración 28: Movidas para reubicar los 3 primeros clientes de una ruta

8. MODELAMIENTO MATEMÁTICO

8.1. Contextualización

El ruteo de vehículos comienza a ser estudiado a partir del año 1956, cuando Flood [9] plantea el Problema del Vendedor Viajero. (TSP por sus siglas en inglés). En dicho problema se plantea el desafío de tener que visitar n clientes dentro de una ciudad, donde cada uno se debe visitar exactamente una vez y no hay restricciones sobre el orden en que se visitan los clientes, lo importante es hacerlo en el menor tiempo posible.

Luego, como una generalización del TSP, nace el Problema de Ruteo de Vehículos (VRP), el que corresponde a un set m de vehículos, los cuales poseen capacidad C y deben abastecer a n clientes dentro de una ciudad, partiendo todos los vehículos desde un mismo punto. Por su lado, cada cliente posee una demanda $D(n)$ que debe ser satisfecha por uno y sólo un vehículo dentro del set de vehículos disponibles. Como una ramificación del VRP se tiene el Problema de Ruteo de Vehículos con Ventanas de Tiempo (VRPTW por sus siglas en inglés), el cual corresponde a un VRP pero donde cada cliente posee una ventana de tiempo (dura) en la cual debe ser satisfecha su demanda.

El presente tema de memoria está inserto en el ámbito de los VRPTW, con el objetivo de generar soluciones eficientes con respecto a la situación actual. En base a lo anterior, se estableció un problema de programación lineal entero mixto (MIP) el cual permitiera una reasignación eficiente de los recursos, teniendo en cuenta las restricciones presentes en área de despacho. Las restricciones que han sido identificadas son:

- Bodega de locales (Diferentes capacidades de almacenamiento)
- Capacidad de camiones (Capacidad volumétrica varía entre camiones destinado a RM (20 m³) v/s otras regiones (40 m³))
- Horarios de recepción locales (Locales Stgo. Centro y Mall son más exigentes)
- Normativa vigente (Consolidación de carga desde 2014)
- Niveles de venta (Volumen por categoría por local)
- Días de despacho (Política de despacho desde administración de inventario)
- Espacio de embarque en Centro de Distribución (Máximo 18 locales por vía)
- Tamaño de flota (Cantidad total de camiones)

- Tamaño de bultos (Varía entre bandejas, paquetes, valijas, etc)

Todas las restricciones mencionadas con anterioridad serán incluidas en la formulación matemática detallada en sección siguiente. Por otro lado, las variables de decisión tendrán que ver con la generación de rutas eficientes y asignación de locales por ruta. En conjunto con este último punto, el resultado entregado por el modelo o heurística generada tendrá que responder al orden en el cual se abastece cada local en cada una de las rutas ya que alteraciones del orden dentro de una misma ruta pueden implicar ineficiencias en términos de tiempo y costo en cuanto a pérdidas en la calidad de servicio (costo de transporte por kilometraje es irrelevante para CDD si se considera que en el contrato actual el costo es por viaje, el cual no depende de la distancia recorrida, situación que se podría renegociar en un futuro dependiendo de las conclusiones del rediseño de la política de despachos).

8.2. Formulación matemática

8.2.1. Descripción del modelamiento

Para poder entender de mejor manera las variables y restricciones utilizadas en la formulación matemática, se procederá a explicar cómo se modeló el despacho de productos hacia locales RM.

Se definieron dos conjuntos de locales: Locales de entrada y locales de salida, donde cada uno de éstos está presente en ambos conjuntos. Cuando un vehículo entra a un local, éste debe ser un local de entrada. Por su lado, cuando un vehículo sale de un local, ésta pasa a ser un local de salida (estos locales que físicamente son el mismo pero que son representados en dos conjuntos diferentes se denominan “locales espejos”). La justificación de usar dos conjuntos para los mismos locales radica en que se definen variables que dependen de dos locales distintos, como por ejemplo $V(i,j,c)$: si se va de local i a local j en camión c , por lo que resulta más fácil definir dos conjuntos con los mismos elementos (en este caso los locales).

A su vez, también se distinguen aquellos locales que tienen conexión directa con CDD versus aquellos que tienen conexión con otros dos locales. Por ejemplo, si desde CDD un camión se dirige a local X y luego de éste pasa a local Y y posteriormente a local Z , para finalmente retornar a CDD nuevamente, entonces los locales X y Z son locales con conexión

directa, debido a que poseen un arco (viaje) que los une con CDD. Por su lado, local Y sería un local sin conexión directa debido a que sus dos arcos están conectados con otros locales (X y Z), no teniendo conexión directa alguna con CDD.

A continuación, se muestra de forma gráfica la manera en que fue modelado el despacho de productos:

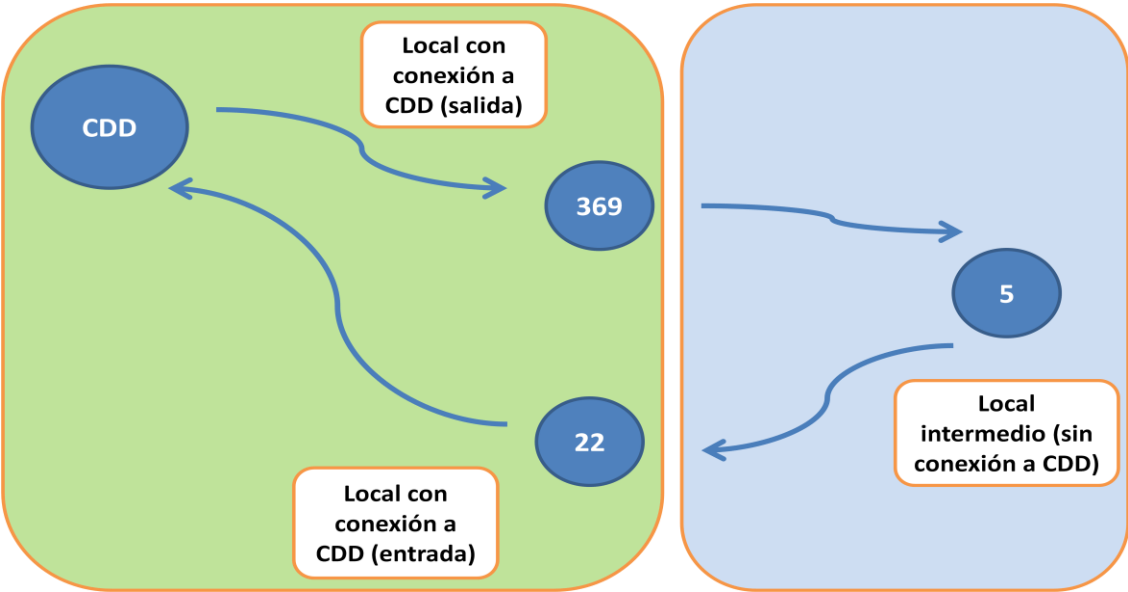


Ilustración 29: Representación gráfica del modelo propuesto. Fuente: Elaboración propia

8.2.2. Modelo matemático

A continuación se mostrará la formulación matemática del problema de disminución de flota para el Centro de Distribución:

8.2.3. Conjuntos

Corresponde a todos los elementos que intervienen en el despacho de productos. Éstos son:

I = locales que serán usados como salida por un camión

J = locales que serán usados como entrada por un camión

C = Set de camiones disponibles para el despacho (se definen 25 camiones inicialmente⁹)

8.2.4. Parámetros y escalares

di(i) = Demanda por local de salida i en m3/día

dj(j) = Demanda por local de entrada j en m3/día

distancia(i, j) = Distancia desde local i a local j en km

nds = Nivel de servicio que se le pide al modelo (tiempo máximo en ruta)

capc = capacidad de un camión (no incluye factor de estiba) en m3

cap = factor de estiba (carga máxima de un camión en términos porcentuales)

cac = costo arriendo camión por viaje en pesos chilenos

velhr = velocidad promedio de camiones en km/h

t parada = estadía promedio por local en horas (descarga y tiempo auditoria)

cuad = cantidad de locales

distmax = distancia máxima que se le permite recorrer a un camión en km

8.2.5. Variables

occ(c) = si se ocupa camión c

ols(i, c) = si se ocupa local i como salida con camión c

ole(j, c) = si se ocupa local j como entrada con camión c

vc(i, j, c) = si se va de local i a local j con camión c

vinic(j, c) = si se va desde CDD a local de entrada j con camión c

vfinc(i, c) = si se va desde local de salida i a CDD con camión c

dc(c) = distancia que recorre camión c si es que es usado

tc(c) = tiempo que demora camión c si es que es usado

tiempocj(c, j) = tiempo en que camión c llega a local de entrada j

ordenjc(j, c) = orden en que se visita local de entrada j con camión c

orden(i, c) = orden en que se visita local de salida i con camión c

ocupacion(c) = total de m3 que despacha camión c si es que es usado

⁹ Se define esta cantidad dado que corresponde a la cantidad actual de vehículos usados para el despacho de productos.

8.2.6. Restricciones

- **Naturaleza de las variables**

Restricción asociada al conjunto al cual pertenece cada una de las variables definidas en el modelo. Conjunto puede ser números reales, enteros, naturales, binarios, etc.

$$\begin{aligned} occ(c), ols(c), ole(c), vc(i, j, c), vinic(j, c), vfunc(i, c) &\in \{0, 1\} \\ ordenjc(j, c), ordenic, ocupación(c), cantlocales(c) &\in N^+ \\ tiempojc(c, j), tiempoic(c, i), tiempo(i, j), demi(i), demj(j) &\in R^+ \end{aligned}$$

- **No asistir si no hay demanda**

Restricción que impide asistir a un local si es que no hay productos destinados al mismo.

$$\begin{aligned} ols(i, c) &\leq di(i) \quad \forall i \in I, \forall c \in C \\ ole(j, c) &\leq dj(j) \quad \forall j \in J, \forall c \in C \end{aligned}$$

- **Máximo una visita por local**

Máximo puedo entrar o salir con un camión desde un determinado local

$$\begin{aligned} \sum_{c=1}^n ols(i, c) &\leq 1 \quad \forall i \in I \\ \sum_{c=1}^n ole(j, c) &\leq 1 \quad \forall j \in J \end{aligned}$$

- **Evitar loop local**

Ningún camión puede salir de un local y volver a entrar al mismo de inmediato

$$vc(i, j, c) = 0 \quad \forall i = j \in locales, \forall c \in C$$

- **No exceder capacidad de camión**

La suma del volumen de todos los productos que despacha un camión no puede exceder la capacidad volumétrica del mismo.

$$\sum_{j=1}^n [ole(j, c) * dj(j)] \leq cap * capc \quad \forall c \in C$$

- **Respetar ventanas horarias**

La llegada de un camión a un local debe ser anterior al término de la ventana de tiempo de dicho local.

$$tiempo(c, j) \leq Tmax(j) * ole(j, c) \quad \forall j \in J, \forall c \in C$$

- **Tiempo máximo en ruta**

El tiempo en ruta empleado por un camión debe ser menor al tiempo máximo en ruta (nds).

$$tc(c) \leq nds \quad \forall c \in C$$

- **Distancia máxima en ruta**

La distancia recorrida en ruta por un camión debe ser menor a la distancia máxima en ruta (distmax).

$$dc(c) \leq distmax \quad \forall c \in C$$

- **Relación de orden de visita a locales**

Si un camión va de local de salida i a local de entrada j , entonces el orden en el cual visita j es el orden de i más uno. Vale decir, por ejemplo, si camión visita i en 2do lugar, entonces el orden en que visita j será en 3er lugar.

$$ordenic(i, c) - ordenjc(j, c) + cuad * vc(i, j, c) \leq cuad - 1 \quad \forall i \neq j \in locales, \forall c \in C$$

- **Sólo se visitan locales que poseen demanda**

Sólo serán visitados una vez aquellos locales que poseen demanda de productos. Si es que no existe demanda, entonces local no será visitado.

$$\sum_{c=1}^n ole(j, c) = 1 \forall j \in J \text{ si } dj(j) > 0$$

$$\sum_{c=1}^n ole(j, c) = 0 \forall j \in J \text{ si } dj(j) = 0$$

- **Si se ocupa camión como entrada en algún local, entonces se considera ocupado**

Si un camión llega con productos a un local, independiente la cantidad de locales, entonces se considera que se utilizó dicho camión.

$$occ(c) \geq \sum_{j=1}^n ole(j, c) * \frac{1}{100} \forall c \in C$$

- **Desde CDD cada camión puede llegar máximo a un local si es que es ocupado.**

Todo camión que es ocupado debe salir desde CDD hacia un solo local inicial. Si camión no es ocupado entonces no sale a ningún local inicial. Por otro lado, a cada local de entrada llega máximo un solo camión desde CDD.

$$\sum_{j=1}^n vnic(j, c) = occ(c) \forall c \in C$$

$$\sum_{c=1}^n vnic(j, c) \leq 1 \forall j \in J$$

- **Desde el último local cada camión va máximo una vez a CDD si es que es ocupado**

Todo camión que es ocupado debe llegar a CDD desde un solo local final. Si camión no es ocupado entonces no llega a CDD desde ningún local final. Por otro lado, desde cada local de salida final se sale máximo una vez hacia CDD.

$$\sum_{i=1}^n vfin(i, c) = occ(c) \forall c \in C$$

$$\sum_{c=1}^n vfin(i, c) \leq 1 \forall i \in I$$

- **Orden de locales espejo debe ser el mismo**

Si local de entrada i y local de salida j son los mismos ($i=j$), entonces el orden en que visito local de salida es exactamente el mismo en que visito local de entrada (al ser realmente el mismo local).

$$\text{ordenjn}(j, c) = \text{ordenic}(i, c) \quad \forall i = j \in \text{locales}, \forall c \in C$$

8.2.7. Función Objetivo

Debido a que no existen cobros asociados al kilometraje, sino que sólo hay cobros fijos por viajes (M\$ 115 / viaje), entonces la función objetivo corresponde a la reducción de la cantidad de viajes en un período de tiempo (por ejemplo, un mes), lo que se ve reflejado en una reducción de los costos totales de arriendo de flota.

Minimizar cantidad de viajes por período, impactando en reducción del costo total de arriendo de flota

$$\text{Min cac} * \sum_{i=1}^{25} \text{occ}(c)$$

, donde cac = costo de arriendo camion por viaje

9. HEURÍSTICA DE CLRAKE AND WRIGHT

9.1. Descripción heurística

A continuación se presenta la heurística descrita con la cual se resolverá el problema del ruteo de camiones para despacho de productos a locales de Región Metropolitana. Tal como se mencionó en [sección 7.2.1](#) , propuesta por Clarke y Wright, esta heurística corresponde a uno de los algoritmos más difundidos en el ámbito del VRP (vehicle routing problem). El algoritmo calcula el ahorro entre dos puntos (locales de venta) de la siguiente forma:

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

S_{ij} : Ahorro generado por ir de local i a local j

C_{i0} : Costo de ir desde local i a Centro de distribución

C_{0j} : Costo de ir desde Centro de distribución a local j

C_{ij} : Costo de ir desde local i a local j

Los signos positivos en Ecuación 2 hacen incrementar el ahorro al no tener que viajar desde i a CDD ni de CDD a j . El signo negativo radica en que una vez generado el intercambio, habrá un viaje de local i a local j que antes no estaba contemplado, lo cual disminuye el ahorro. Gráficamente se puede observar la heurística en la siguiente ilustración:



Ilustración 30: Gráfica de heurística de ahorros propuesta por Clarke and Wright. Fuente: “Métodos Exactos y Heurísticos para resolver

9.2. Pseudo Código heurística de ahorros¹⁰

- **Paso 1:** (inicialización). Para cada cliente i construir la ruta $(0, i, 0)$.
- **Paso 2:** (cálculo de ahorros). Calcular s_{ij} para cada par de clientes i y j .
- **Paso 3:** (mejor unión). Sea $s_{i^*j^*} = \max s_{ij}$, donde el máximo se toma entre los ahorros que no han sido considerados aún. Sean r_{i^*} y r_{j^*} las rutas que contienen a los clientes i^* y j^* respectivamente. Si i^* es el último cliente de r_{i^*} y j^* es el primer cliente de r_{j^*} y la combinación de r_{i^*} y r_{j^*} es factible, combinarlas.
- **Paso 4:** Eliminar $s_{i^*j^*}$ de futuras consideraciones. Si quedan ahorros por examinar ir a 3, si no terminar.

9.3. Descripción del procedimiento

El procedimiento de resolución consta de 4 etapas que se muestran a continuación:

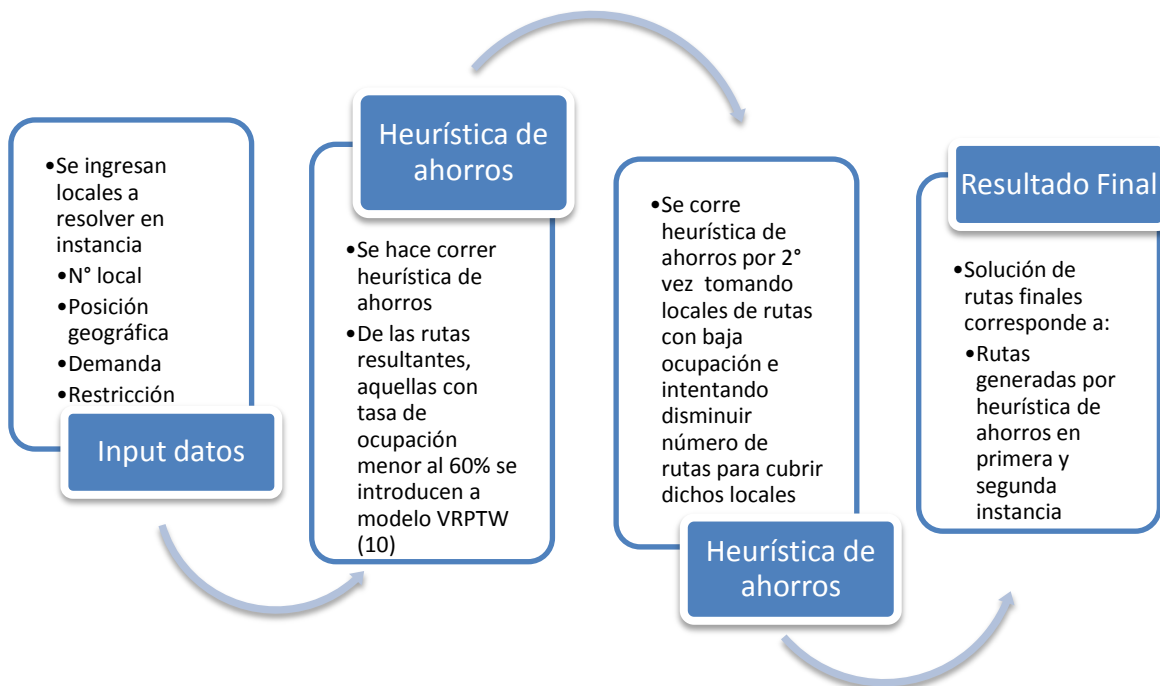


Ilustración 31: Descripción del procedimiento de resolución

El objetivo de hacer una doble iteración con aquellos locales que quedaron en rutas con baja ocupación en primera iteración es tener la posibilidad de centrar la heurística sólo en dichos locales, pudiendo optar a mejores soluciones al haber acotado así el espacio de búsqueda. La razón de utilizar doble iteración y no un mayor número de iteraciones radica en que con la segunda iteración se logra un aumento sustancial de la calidad de la solución, sin

¹⁰ Fuente: [5]

¹¹ VRPTW: Siglas en inglés para problema de ruteo con ventanas de tiempo (Vehicle Routing Problem with Time Windows).

embargo, el aumento adicional en la calidad de la solución con las iteraciones siguientes no justifica la realización de mayor número de iteraciones.

10. CALIBRACIÓN DE MODELO Y HEURÍSTICA DE RUTEO DE CLARKE AND WRIGHT

En los capítulos 7, 8 y 9 se mostraron heurísticas y modelos matemáticos con los que se resuelven problemas de ruteo. De los anteriores, se ejecutarán heurística de ruteo de Clarke and Wright y modelo lineal entero mixto. Sin embargo, estas metodologías utilizan parámetros que son obtenidos desde la realidad. En particular, siempre se intenta estimar la velocidad de traslado en problemas de ruteo, y a su vez, dada la contingencia de la problemática, los tiempos de auditoría en locales RM se vuelven otro factor clave que vale la pena analizar.

El presente capítulo se encuentra dividido en tres puntos, donde los dos primeros (9.1 y 9.2) son utilizados para asignar valores iniciales a los parámetros que posteriormente serán calibrados en el punto 9.3. Si bien estos valores podrán cambiar con posterioridad, la idea es asignarles desde un comienzo un valor razonable que tenga cierta relación con la realidad.

Una vez que se ha construido tanto el modelo como la heurística de ruteo, es necesario el proceso de calibración de los mismos. Este paso corresponde a ajustar los parámetros lo más posible a la realidad con la finalidad de poder representar de forma fiel las variables que influyen en el actual despacho. Los parámetros a calibrar son dos: *velocidad de traslado* y *tiempos de auditoría*. Éstos fueron estimados mediante heurística de ahorros desarrollada.

10.1. Velocidad de traslado

La velocidad de traslado impacta en el tiempo en que se llega al local siguiente y por ende el tiempo de retorno a CDD (tiempo llamado “*tiempo en ruta*”). Por el momento se ha decidido encontrar un solo parámetro de velocidad general para todas las rutas, parámetro que más adelante se verá que no es aplicable a la totalidad de ellas debido a que dadas las ubicaciones rurales de algunos locales, la velocidad de traslado del vehículo que lo abastece dista considerablemente de la velocidad en zonas urbanas.

Se ha procedido a evaluar dos maneras de poder obtener un tiempo de traslado realista: Desde herramienta Google Maps y mediante una empresa proveedora de GPS, siendo los resultados diferentes.

10.1.1. Estimación tiempo de traslado con Google Maps

Google Maps es una aplicación de mapas donde éstos se pueden visualizar al detalle y generar rutas de desplazamiento. La gran ventaja que otorga esta aplicación radica en que el tiempo de traslado mostrado es un tiempo real aproximado que corresponde al promedio de la velocidad de traslado para los tramos que componen la ruta de desplazamiento, ante lo cual entrega una aproximación al tiempo de traslado entre dos puntos en un mapa.

Para poder hacer una estimación de la velocidad de traslado, se procedió a graficar las rutas entregadas por la heurística de ahorros, determinando la velocidad media con los datos de distancia en ruta y tiempo total en ruta entregados por la aplicación.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se grafican las soluciones en Google Maps, obteniendo los parámetros antes descritos para el cálculo de la velocidad.

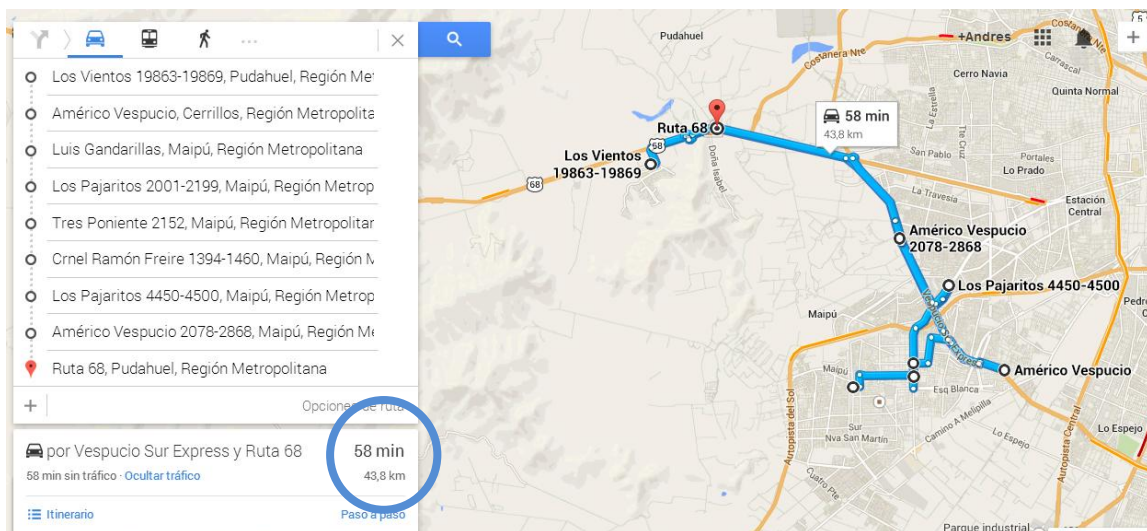


Ilustración 32: Despliegue de solución obtenida por heurística o modelo matemático.

Luego, con los parámetros encerrados en el círculo azul de la ilustración 29 se calcula la velocidad promedio de la ruta, que en este caso es de 44 km/h aprox.

El mismo proceso descrito anteriormente se hizo para todas las rutas propuestas por la heurística, llegando a una velocidad promedio de 44,5 km/h.

10.1.2. Estimación tiempo de traslado con empresa de GPS

A través de empresa proveedora de GPS, la cual entrega servicios a empresa hormigonera, se procedió a calcular la velocidad media de traslado de los camiones mixer que reparten hormigón en RM para el rango horario 6 - 14 hrs, llegando a una velocidad media de traslado de 31,5 km/h para dicho rango. El rango horario utilizado para el cálculo de la velocidad promedio se sustenta en que justamente es en dicho intervalo de tiempo donde los camiones de FASA realizan el despacho de productos en locales de la Región Metropolitana, acotando el cálculo de la velocidad sólo para horarios de interés.

10.1.3. Análisis estimación Google Maps versus proveedor GPS

De las secciones [10.1.1](#) y [10.1.2](#) se pueden apreciar grandes diferencias en las estimaciones del parámetro velocidad. La razón de dicha diferencia radica principalmente en el período en el cual se basa cada uno para la estimación. Mientras en Google Maps se obtiene un promedio general que no discrimina por día de la semana ni rango horario, en el cálculo de la velocidad para el caso de la empresa proveedora de GPS si se pueden aplicar estos filtros, llegando a una velocidad que aplica de acuerdo a los períodos donde efectivamente se realizan despachos por parte de FASA (Lunes a Sábado Entre 6 y 14 hrs). A raíz de lo anterior, tanto en modelo como en heurística se utilizará la velocidad calculada mediante GPS (31,5 km/h).

10.2. Tiempos de auditoría

Luego de haber hecho una encuesta telefónica acerca de 50 locales, se determinó que el tiempo de auditoría corresponde a una variable que depende del volumen despachado a cada local y se distribuye desde 10 hasta 30 minutos en promedio. El problema de la calibración de este parámetro es que si bien se cuenta con las horas promedio en que los camiones llegan a CDD, luego de haber hecho muestreo en hora real para alrededor de 10 rutas, se ha detectado que estas horas de retorno no siempre son fidedignas (detalle en [sección 10.3](#)).

Dada la situación anterior, se establecerá el tiempo de auditoría en 30 minutos inicialmente, con la finalidad de ser conservadores en una variable que impacta las ventanas horarias,

pudiendo variar dicho parámetro si es que aún calibrando el parámetro velocidad, los tiempos reales de retorno a CDD no calzasen con los tiempos de retorno estimados por metodología. Una posterior mejora correspondería a estimar de mejor manera este parámetro, ya que se ha captado que éste depende del volumen de despacho, pero no se tiene claridad de la cuantía del impacto.

10.3. Soluciones propuestas en base a calibraciones

Una vez calibrados los parámetros a utilizar, se procede a mostrar soluciones. Para esto se comparará el parámetro “**Tiempo promedio actual llegada a CDD**” de rutas actuales (período Enero – Junio 2014) versus el “**Tiempo promedio modelo llegada a CDD**” para las mismas rutas con los parámetros calibrados del modelo.

A continuación se muestra una tabla resumen para las 25 rutas en RM:

Rutas	Cantidad de locales	Tiempo promedio actual salida desde CDD	Tiempo promedio propuesta salida desde CDD	Tiempo promedio actual llegada a CDD	Tiempo promedio propuesta llegada a CDD	Tiempo actual en ruta	Tiempo propuesta en ruta	Desviación absoluta propuesta vs actual
02R	4	5:45:00	6:30:00	13:31:00	13:15:00	7:46:00	6:45:00	0:16
03R	10	6:00:00	6:30:00	15:30:00	15:33:00	9:30:00	9:03:00	0:03
04F	9	5:38:00	6:30:00	12:39:00	12:20:00	7:01:00	5:50:00	0:19
05F	10	6:07:00	6:30:00	15:16:00	15:12:00	9:09:00	8:42:00	0:04
06F	8	6:09:00	6:30:00	13:09:00	12:54:00	7:00:00	6:24:00	0:15
07F	8	6:03:00	6:30:00	12:42:00	12:54:00	6:39:00	6:24:00	0:12
08F	10	6:28:00	6:30:00	14:00:00	13:30:00	7:32:00	7:00:00	0:30
09F	9	5:40:00	6:30:00	13:07:00	19:04:00	7:27:00	12:34:00	5:57
10FH	5	6:31:36	6:30:00	10:58:34	11:00:00	4:26:58	4:30:00	0:01
11FH	10	6:47:00	6:30:00	12:59:00	13:06:00	6:12:00	6:36:00	0:07
12F	9	6:15:00	6:30:00	13:43:00	14:00:00	7:28:00	7:30:00	0:17
13F	10	6:00:00	6:30:00	14:06:00	14:30:00	8:06:00	8:00:00	0:24
14F	11	5:42:00	6:30:00	14:10:00	15:40:00	8:28:00	9:10:00	1:30
15F	8	5:58:00	6:30:00	12:36:00	12:12:00	6:38:00	5:42:00	0:24
19F	10	6:05:00	6:30:00	15:00:00	14:18:00	8:55:00	7:48:00	0:42
20F	10	6:17:00	6:30:00	15:10:00	14:36:00	8:53:00	8:06:00	0:34
21F	9	6:34:00	6:30:00	14:11:30	14:30:00	7:37:30	8:00:00	0:18
24F	4	6:32:00	6:30:00	12:26:00	12:00:00	5:54:00	5:30:00	0:26
25F	10	6:29:00	6:30:00	14:34:00	14:18:00	8:05:00	7:48:00	0:16
37R	6	5:43:00	6:30:00	11:26:24	11:00:00	5:43:24	4:30:00	0:26
40F	10	6:11:00	6:30:00	12:30:00	13:15:00	6:19:00	6:45:00	0:45
48F	7	6:40:00	6:30:00	12:38:15	12:48:00	5:58:15	6:18:00	0:09
49F	9	5:40:00	6:30:00	14:50:00	14:12:00	9:10:00	7:42:00	0:38
50F	10	6:32:00	6:30:00	13:11:00	13:24:00	6:39:00	6:54:00	0:13
51F	11	6:45:00	6:30:00	14:35:00	14:30:00	7:50:00	8:00:00	0:05
Total	8,68	6:10:52	6:30:00	13:33:33	13:45:38	7:22:41	7:15:38	0:35

Ilustración 33: Tiempos de arribo reales en rutas actuales, versus tiempos propuestos por metodologías. Tiempos actuales corresponden a período abril 2014, tomando 24 días de despacho.

A continuación se explica cada una de las columnas de ilustración 33:

1. **Tiempo promedio actual salida desde CDD:** Corresponde a la hora de salida para las rutas que actualmente maneja CDD.
2. **Tiempo promedio propuesta salida desde CDD:** Corresponde a la hora de salida para las rutas que otorga la heurística propuesta.
3. **Tiempo promedio actual llegada a CDD:** Corresponde a la hora de llegada a CDD para las rutas actuales que maneja CDD.

4. **Tiempo promedio propuesta llegada a CDD:** Corresponde a la hora de llegada a CDD para las rutas generadas por heurística propuesta.
5. **Tiempo actual en ruta:** Es la diferencia entre 3 y 1.
6. **Tiempo propuesta en ruta:** Es la diferencia entre 4 y 2.
7. **Desviación absoluta propuesta versus actual:** Corresponde al valor absoluto para la diferencia entre 3 y 4. Es decir, es una medida de la discrepancia en la hora de retorno a CDD entre las rutas actuales versus las rutas propuestas por heurística.

De la ilustración 33 se puede observar en columna *desviación* (diferencia absoluta entre hora promedio llegada modelo y hora promedio llegada actual a CDD) que la mayoría de las desviaciones están bajo 30 minutos con respecto a tiempo real de retorno a CDD.

Para ver en detalle lo expuesto en párrafo anterior, a continuación se consolida la información presentada en ilustración 34 para observar la cantidad de rutas según intervalo horario del parámetro desviación.

Desviación Desde	Desviación Hasta	N° Rutas	Peso
0:00	0:15	9	36%
0:15	0:30	10	40%
0:30	1:00	4	16%
1:00	1:30	1	4%
1:30	más	1	4%

Ilustración 34: Distribución de rutas según intervalo horario de desviación con respecto a tiempos reales

De la ilustración anterior se observa que cerca del 75% de los tiempos de arribos a CDD propuestos por metodología están bajo los 30 minutos de desviación con respecto a los tiempos reales. Por su lado, solo el 8% representa desviaciones por sobre 1 hora, situación que corresponde a 2 rutas (09F, 14F), las que serán analizadas por separado a continuación.

Ruta 09F abastece 3 locales en Talagante, 2 en Peñaflores y 2 en Melipilla. La razón de tener un discrepancia sobre 5 horas radica principalmente al valor utilizado para la velocidad (31,5 km/h), el cual fue asumido inicialmente como el mismo utilizado para rutas dentro del radio urbano. Como es sabido, las 3 comunas anteriores están fuera del límite urbano de Santiago, razón por la cual los vehículos que reparten productos en dichas comunas viajan por carretera a una velocidad sustancialmente mayor que el parámetro de velocidad propuesto para Santiago. Luego de haber hecho la calibración del parámetro velocidad para la presente ruta, se llegó al

valor de 95 km/h para que la hora de regreso propuesta por la metodología fuese igual que la hora de regreso promedio informada por CDD (13:07 hrs). Por su lado, ruta 14F despacha productos a locales de El bosque (1), San Bernardo (7) y San Miguel (7). La presente ruta, tiene la similitud con ruta 09F en que existen tramos no menores donde los vehículos transitan por autopistas a mayor velocidad, dejando inválido el parámetro de 31,5 km/h utilizado para las demás rutas. Posterior a una calibración de dicho parámetro, para ruta 14F se ha llegado al valor de velocidad de 41 km/h. La discrepancia entre estas velocidades sustancialmente mayores a la velocidad promedio dentro del radio urbano serán abordadas separando los locales pertenecientes a dichas comunas, analizándolos en dos corridas diferenciadas con el parámetro de velocidad correspondiente (95 km/h y 41 km/h para las rutas 09F y 14F respectivamente).

Por otro lado, importante es señalar que según lo comentado al comienzo de esta sección, se realizó una muestra a 10 camiones para poder contrastar la hora de retorno informada por CDD versus la real medida, lo cual dio como resultado que de las 10 rutas medidas, 4 tiempos de retornos reales diferían considerablemente (más de 1:15 hrs) con respecto al tiempo de retorno informado inicialmente. A continuación los detalles de dicha mediciones:

Ruta	Hora regreso informada	Hora regreso medida	Hora regreso modelo	Desviación hora modelo vs hora informada	Desviación hora modelo vs hora medida
25F	13:01:00	14:34:18	14:18:00	1:17:00	0:16:18
37R	15:00:00	11:26:24	11:00:00	4:00:00	0:26:24
48F	14:30:00	12:38:15	12:48:00	1:42:00	0:09:45
10FH	15:16:00	10:58:34	11:00:00	4:16:00	0:01:26
40F	12:30:00	13:21:18	13:15:00	0:45:00	0:06:18
02R	13:31:00	13:25:21	13:15:00	0:16:00	0:10:21
04F	12:39:00	12:35:43	12:20:00	0:19:00	0:15:43
21F	14:11:30	14:21:30	14:30:00	0:18:30	0:08:30
49F	14:50:00	14:37:56	14:12:00	0:38:00	0:25:56
11FH	12:59:00	12:57:01	13:06:00	0:07:00	0:08:59
Promedio				1:21:51	0:12:58

Tabla 7: Muestra de 10 rutas, donde 4 de ellas (25F, 37R, 48F y 10FH) presentan diferencias sustanciales (sobre 1:15 hrs) en tiempos de arribo con respecto al informado por CDD

De la tabla anterior se puede apreciar que si bien las diferencias de horas de regreso entregadas por el modelo versus las horas informadas son grandes (sobre 1 hora), la diferencia entre la hora entregada por modelo y la hora real medida difiere tan sólo en 13 minutos en promedio. A continuación se muestra de forma gráfica las diferencias en los tiempos de retorno a CDD para la situación actual (incorporando mediciones) versus la situación propuesta (heurística):

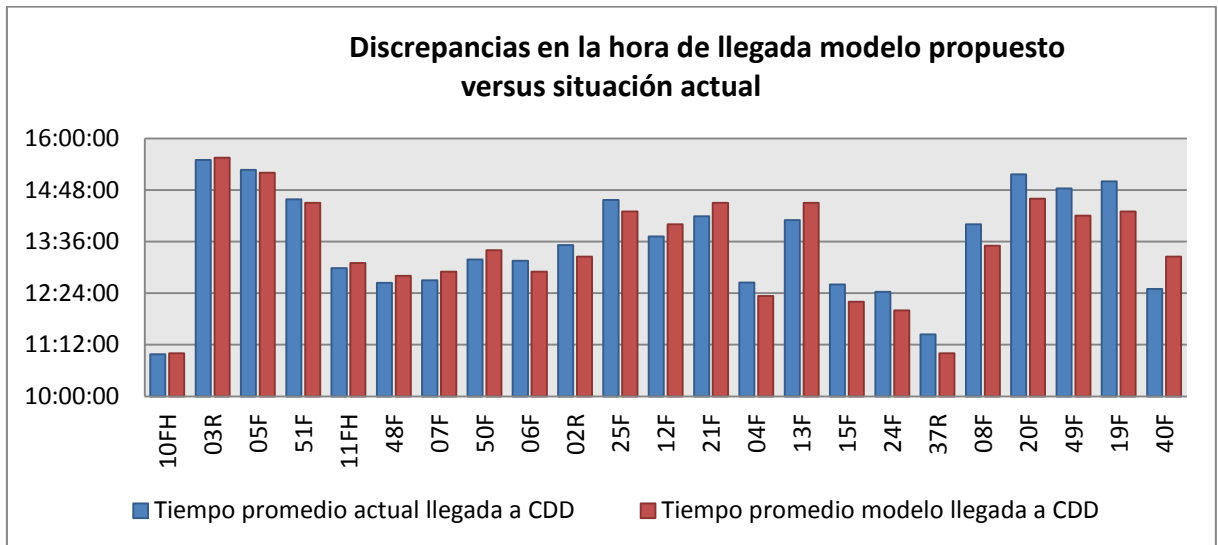


Ilustración 35: Diferencias en la hora de llegada de la heurística propuesta, versus la situación actual. Fuente: Elaboración propia

De la ilustración anterior se ha excluido ruta 09F (Talagante, Melipilla, Peñaflor) debido a que distorsiona el gráfico al tener una diferencia sobre 5 horas debido a que el parámetro de velocidad no aplica para dicha ruta (lo mismo ocurre con ruta 14F).

Habiendo realizado el análisis anterior y corrigiendo las horas informadas por las horas reales medidas, se puede concluir que los tiempos de arribo a CDD entregados por metodología se ajustan satisfactoriamente a la realidad, lo cual valida el parámetro de 30 minutos fijado para el tiempo de auditoría de pedidos en local.

11. SUPUESTOS INVOLUCRADOS Y MEJORAS POTENCIALES

11.1. Distancia euclidiana

Con el objeto de poder construir el input de heurística y modelo matemático, y dado que no se cuenta con información de distancias entre locales, se procedió a calcular la distancia euclidiana en base a las coordenadas geográficas de cada uno de los 219 locales en RM. Sin embargo, dicho parámetro corresponde sólo a una estimación de la distancia real que existe entre pares de clientes (siempre menor que la real), la cual puede ser perfeccionada bajo otro procedimiento de cálculo. El fundamento de haber realizado esta estimación y no realizar el cálculo de la distancia real entre locales (por ejemplo, con Google Maps) radica en la cantidad de combinaciones posibles (24.090 distancias posibles) que pueden existir tomando en cuenta una distancia diferente para cada par de locales. Es así como dada la dimensión del problema, el cálculo de la distancia euclidiana para cada par de locales fue realizado a través de una macro de Microsoft Excel.

11.2. Velocidad promedio

Otro supuesto involucrado corresponde al uso de velocidades promedio. Como se mencionó en un punto anterior este parámetro fue estimado dentro del rango horario en que se realizan los despachos y se llegó al valor de 31,5 km/h. Cabe destacar que una potencial mejora podría ser el calcular velocidades promedio para rangos más acotados de tiempo. Sin embargo, como el enfoque de solución es más bien táctico, sumado a que dicho parámetro se comporta de buena forma frente a los resultados, esta posibilidad se ha descartado de momento, pudiendo afinar el parámetro si se desea. Otra opción de segmentación de velocidad podría corresponder a una división según zona geográfica, debido a que para locales situados en comunas más rurales, las velocidades promedio de traslado son mayores (pudiendo incluso triplicar la velocidad promedio como se vio en [sección 10.3](#))

11.3. Hora salida CDD

En base a datos proporcionados por área de tráfico CDD, se obtuvo que la hora promedio de salida desde CDD hacia locales RM es a las 6:30 hrs. Luego, se utilizó este valor como hora de inicio para todas las rutas de la solución propuesta. Sin embargo, esta simplificación de la realidad podría ser trabajada a posterior, por ejemplo, si de acuerdo a capacidades de carga en

área de tráfico CDD se ajustaran máximos de rutas salientes por intervalo horario. Un ejemplo puede ser cargar máximo 10 camiones por hora, dejando el resto de las rutas con una hora de salida posterior desde CDD, situación que cobra sentido al existir ventanas de tiempo para que se intentan cumplir para un grupo de locales.

11.4. Categorización en tiempos de auditoría

Si bien se pudo levantar el rango de tiempo que les toma a los locales hacer auditoría de sus pedidos (alrededor del 47% del tiempo total), éstos son muy variables y dependen en primer lugar del volumen despachado, pero también de variables como locación de la tienda (avenida diferente a calle secundaria) o el químico de turno en el local. Luego, una posible mejora de cara a representar más fielmente la realidad podría ser categorizar los tiempos de auditoría según rangos de volúmenes despachados.

11.5. Holguras en ventanas de tiempo

Como se podrá ver en [sección 11.1](#), el atraso promedio para RM es de 2 hrs. Luego, fue este valor el utilizado de forma pareja como holgura para todos los locales RM. Sin embargo, en el mismo punto se pudo observar que comunas con gran cantidad de locales presentan en general atrasos menores con respecto a comunas con menos locales (1:20 hrs versus 2:30 hrs respectivamente). Ante esta situación, una posible mejora sería estratificar las holguras de tiempo según la comuna que pertenece cada local, pudiendo dar así menores holguras a locales que actualmente no se les permiten atrasos mayores (sobre 1:20 hrs por ejemplo).

12. ANÁLISIS DE VENTANAS DE TIEMPO

Debido a que restricciones horarias son el principal factor que afecta en la confección de rutas (136 de 219 locales presentan algún tipo de restricción horaria), se dedicará el presente capítulo al análisis en detalle de este tipo de restricción, presentando a su vez un análisis de sensibilidad con el objetivo de observar cómo cambian los resultados con las diferentes holguras en dichas ventanas horarias.

El presente capítulo se divide en dos partes, en [sección 12.1](#) se presentan datos históricos de los atrasos para locales que cuentan con restricciones horarias, posteriormente, en [sección 12.2](#) se realiza un análisis de sensibilidad donde se visualiza el costo de dar menos holgura en la hora de arribo a locales con respecto a la hora máxima de su ventana horaria respectiva.

12.1. Estado actual de restricciones horarias

Un aspecto importante en el análisis de las ventanas horarias es analizar si están siendo cumplidas y que tan rígidas son. A continuación se presenta un desglose de cuántos locales están siendo abastecidos de forma atrasada con respecto a su restricción horaria para cada comuna RM y cuánto es el atraso promedio para dichos locales en cada una de las comunas. El análisis se realiza para los 136 locales que posee restricciones horarias, de los cuales sólo 107 poseen atrasos:

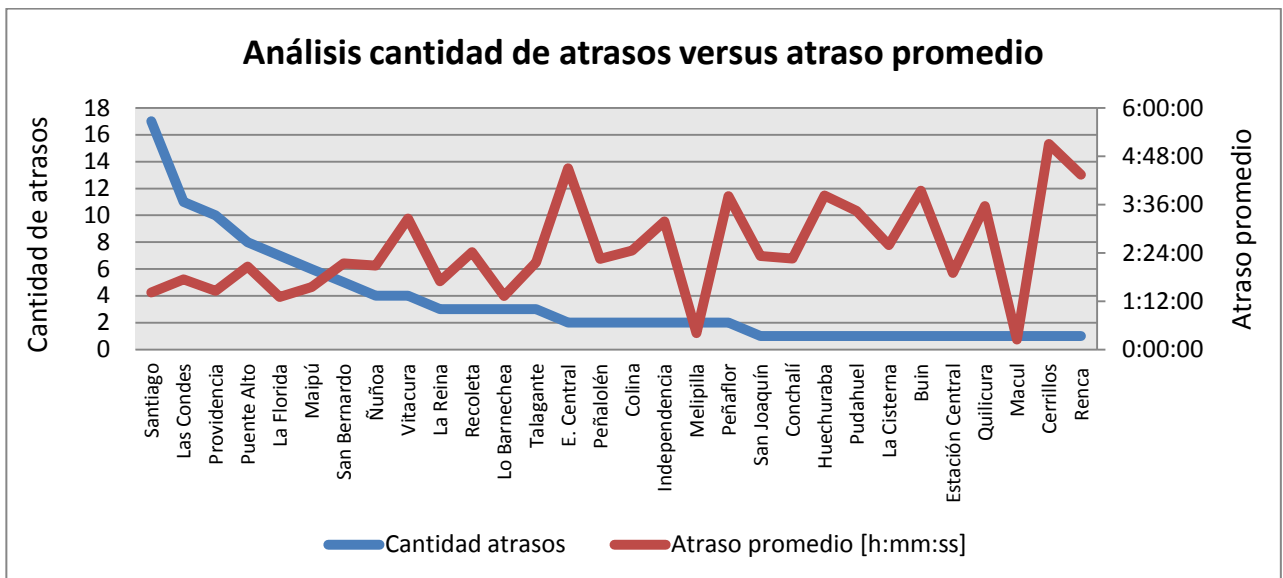


Ilustración 36: Análisis de de atrasos según comuna RM (período Enero – Junio 2014). Fuente: Elaboración propia

De la ilustración anterior se puede observar que existe una relación inversa entre la cantidad de atrasos y el promedio de atrasos para las comunas de RM, a modo de ejemplo, comunas de Santiago, Providencia y La Florida son las que presentan mayor cantidad de locales con atrasos, sin embargo, los tiempos promedios de atrasos de dichas comunas son uno de los menores a nivel RM (1:20 hrs aprox.). Por su lado, comunas de San Joaquín hacia la derecha en ilustración 25 presentan sólo un local con atraso por comuna, pero éste es significativo (2:30 en promedio). Debido al considerable período que comprende el análisis de datos (despachos desde Enero hasta Junio 2014), se concluye que estos resultados son representativos del nivel de atrasos que posee el despacho hacia cada una de las comunas de RM.

A su vez, analizando el nivel de atrasos para toda la Región Metropolitana, se llega a un atraso promedio de 2 hrs. Este valor será la holgura con la que se les permitirá llegar a los camiones en el modelamiento del problema.

A continuación se muestra cómo están distribuidos los atrasos según intervalo horario:

Intervalo horario de atraso	Cantidad locales	Peso sobre el total de atrasos
Menor a 1 hora	20	18,7%
Entre 1 y 2 hrs	42	39,3%
Entre 2 y 3 hrs	45	42%

Tabla 8: Análisis de distribución de locales según intervalo horario de atraso

De la tabla anterior se puede ver la mayoría de los locales con atraso (58%) presentan un atraso promedio entre 0 y 2 horas. Por su lado, existen locales con atrasos superiores a 2 horas, los que corresponden a un 42% de los atrasos.

12.2. Análisis de sensibilidad en rigidez de ventanas de tiempos

Antes de dar paso a los resultados del trabajo de título, se hará un análisis de sensibilidad en cuanto a la holgura permitida para el tiempo de arribo a cada local, con el objetivo de visualizar si efectivamente existe un trade off entre la holgura de tiempo permitida versus el nivel de flota necesario para el despacho, lo que se traduce en definitiva en el costo variable de transporte.

En problemas de ruteo, las ventanas de tiempo siempre entregan un nivel de dificultad adicional al problema, llegando muchas veces a soluciones con costos elevados cuando las ventanas son muy rígidas.

Este apartado tiene como objetivo poder realizar un análisis de sensibilidad, con el cual se pueda apreciar cómo cambia la solución propuesta para diferentes holguras en la restricción de las ventanas horarias.

Para realizar el siguiente análisis de sensibilidad se utilizó la hipótesis de tener que abastecer los 219 locales un mismo día, observando cómo cambian las medidas de desempeño para las diferentes holguras. El volumen total a despachar en RM es de 388 m³, el cual corresponde a la suma del volumen promedio por local para el mes de abril 2014 (día promedio).

Los datos fueron ingresados a la heurística de ahorros ya que dada la dimensión del problema (219 locales) se hace infactible la resolución mediante el modelo matemático exacto propuesto.

Importante es destacar que la holgura expuesta más abajo sólo es válida para locales que actualmente están atrasados en el abastecimiento (107). Para aquellos locales que son abastecidos a tiempo (112 locales, incluye locales sin restricción), la restricción en el horario de entrega es dura, vale decir, dichos locales se abastecen obligatoriamente dentro de su ventana horaria de recepción de pedidos. Para ver detalle de rutas generadas ir a [sección 17.8](#)

Factor de análisis	Restricción rígida	Holgura 1 hora	Holgura 2 horas	Holgura 3 horas
T° medio arribo CDD	10:49	11:45	12:11	12:55
N° Rutas/ vehículos	50	35	31	26
Distancia recorrida [km]	2.833	2.199	1.985	1.684
Ocupación media [%]	38,45%	55,44%	62,60%	74.63%
Rutas ocupación baja	44	21	14	7
Locales ocupación baja	177	115	84	46

Tabla 9: Análisis de sensibilidad solución con respecto a holgura ventanas de tiempo

Los factores de análisis considerados en tabla 9 son los siguientes:

- **Tiempo medio de arribo a CDD:** Corresponde al promedio de la hora de llegada a CDD para todas las rutas en cada instancia.
- **N° Rutas/vehículos:** Cantidad de vehículos utilizados en instancia.
- **Distancia recorrida:** Corresponde a la suma de la distancia recorrida por cada una de los vehículos utilizados en cada instancia de resolución.
- **Ocupación media [%]:** Es el porcentaje de utilización promedio de cada uno de los vehículos destinados al despacho.
- **Rutas ocupación baja:** Corresponde a rutas donde el vehículo que abastece posee una tasa de utilización inferior al 60%.
- **Locales ocupación baja:** Corresponde a locales cubiertos por rutas donde el vehículo que abastece posee una tasa de utilización inferior al 60%.

De la tabla 9 se desprende que a medida que aumenta la holgura en la ventana de tiempo:

- a) Disminuye el nivel de flota a utilizar
- b) Disminuye la distancia total recorrida por la flota para dicho día
- c) Aumenta la ocupación media de los camiones al cubrir igual demanda con menor flota (consecuencia de punto a))
- d) Disminuye la cantidad de rutas que califican con ocupación baja (menor al 60%)
- e) Disminuye el número de locales que es abastecido por una ruta con baja ocupación (consecuencia de punto d))

A continuación se muestra el análisis de sensibilidad expuesto en tabla 10 para variables cantidad de rutas/camiones y distancia total recorrida:

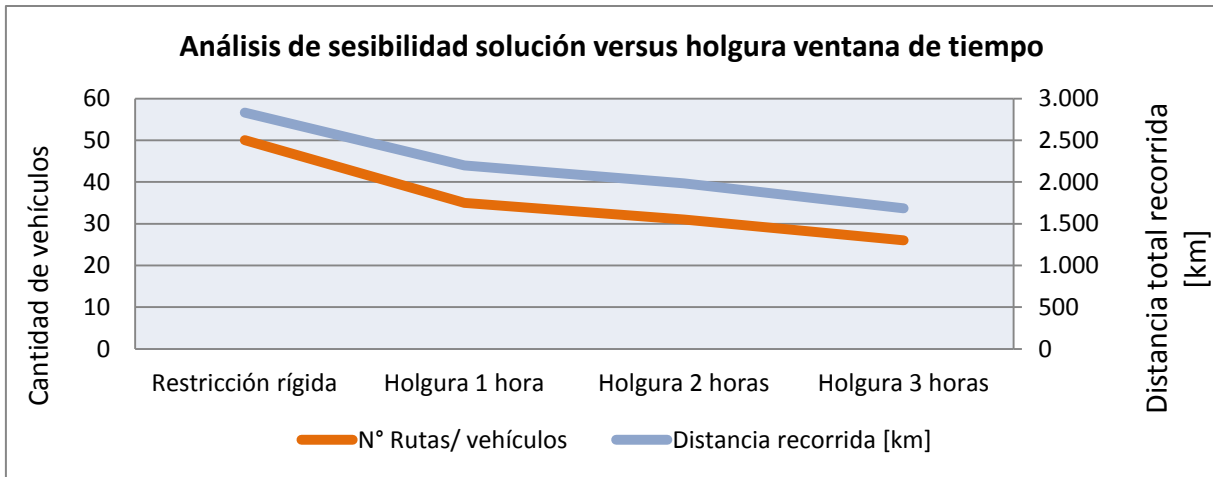


Ilustración 37: Análisis de sensibilidad cantidad de camiones y distancia recorrida versus holgura de en ventana de tiempo. Instancia de despacho con 219 locales (388 m3 aprox.)

Del análisis expuesto en ilustración anterior se puede concluir que la holgura que se elija para abastecer los locales tendrá un impacto considerable en el nivel de flota a utilizar (a modo de ejemplo, restricción rígida (holgura 0 hrs) implica casi el doble de flota que holguras de 3 hrs), por lo que se concluye que existe un trade off entre el nivel de servicio que se desea entregar (cantidad de locales abastecidos a tiempo) versus los costos variables de transporte asociados.

12.3. Conclusiones del capítulo

Del análisis presentado en [sección 11.1](#) se concluye que existe un grupo de locales (primeras dos categorías de tabla 9, con un 58% del total de locales) donde se intenta cumplir las restricciones de ventanas de tiempo, pero a su vez hay un grupo no menor (tercera categoría, 42% del total) donde no existe esfuerzo por llegar a la hora debido a que los atrasos superan las dos horas en promedio. Es así como se establecerán dos enfoques de solución: uno donde se considerará una holgura de 2 horas en la hora de llegada a cada local (sólo para aquellos locales donde se está llegando atrasado) y otro enfoque donde se segmentará según el tramo de atraso al cual pertenece cada uno de los locales.

Por su lado, según lo visto en ilustración 34 se puede observar que la holgura permitida tiene un gran impacto sobre los costos variables de transporte, duplicando casi la flota si lo que se busca es cumplir con un 100% el nivel de servicio entregado versus la situación donde se permite una holgura de hasta 3 horas.

13. RESULTADOS MODELO MATEMATICO

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos por el modelo matemático. En él, primero se presenta la performance de las rutas actuales, para posteriormente mostrar las rutas generadas por el modelo, comparándolas con la situación actual.

13.1. Análisis de estado actual

Antes de mostrar los resultados obtenidos por el modelo matemático se hace necesario cuantificar el nivel de desempeño que están teniendo los despachos en Región Metropolitana, con la finalidad de a posterior poder realizar comparaciones frente a la actual performance.

13.1.1. Conglomeración de categorías para despacho

El primer paso para poder entender la naturaleza de los despachos es conocer el consolidado de las categorías de productos mostrados en [sección 2.2.3](#). La consolidación de categorías es como sigue:

- **Categoría 0,03:** Corresponde a todos los productos que posean un volumen aproximado de 0,03 m³. Caen en esta categoría las cajas utilizadas para las bolsas de empaque.
- **Categoría 0,05:** Corresponde a todos los productos que posean un volumen aproximado de 0,05 m³. En esta categoría están: Embalajes originales y embalajes de volumen.
- **Categoría 0,07:** Corresponde a todos los productos que posean un volumen aproximado de 0,07 m³. A esta categoría pertenecen: Recetario, trasпасos, polisacos y bandejas (productos farma RX y OTC).

13.1.2. Criterios de calidad

Para proceder a analizar la calidad de las rutas actuales se definieron los siguientes criterios con sus respectivos impactos:

1. **Porcentaje de Ocupación :** Corresponde a cuán lleno esta el camión (volumen de productos/capacidad camión) e influye en el nivel de flota requerida para despacho
2. **Distancia recorrida:** Distancia total en ruta recorrida por camión. Impacta en el tiempo en ruta del vehículo

3. **Tiempo en ruta:** Tiempo total empleado por camión en despacho de productos (desde salida de CD hasta llegada al mismo). Existe un máximo de 7,5 hrs por contrato
4. **Separación :** Mientras mayor separación, mayor es la distancia que se debe recorrer para llegar a un nuevo local

De los criterios presentados anteriormente, el porcentaje de ocupación es la consecuencia directa del resto de las variables y corresponde a la variable objetivo a aumentar si lo que se desea es disminuir la flota.

13.1.3. Desempeño de rutas actuales

Para poder establecer categorías de desempeño para los criterios de calidad mencionados anteriormente, se han definido de forma arbitraria los siguientes rangos de ocupación con el objetivo de poder clasificar el desempeño de cada una de las rutas:

1. **Verde:** Mayor a 70% de ocupación
2. **Amarillo:** Entre 60% y 70% de ocupación
3. **Rojo:** Menor a 60% de ocupación

De la misma forma se han definido los siguientes colores para los tiempos totales en ruta (desde que vehículo sale de CDD hasta su regreso al mismo):

1. **Verde:** Sobre 8:00 hrs en ruta
2. **Amarillo:** Entre 7:30 hrs y 8:00 hrs en ruta
3. **Rojo:** menor a 7:30 hrs en ruta

La lógica utilizada para la asignación de colores es asignar el color rojo a rutas que pueden ser mejoradas en esa dimensión, amarillo a rutas que pueden tener un pequeño rango de mejora y verde a rutas que ya tienen una buena performance en dicha dimensión.

De acuerdo a los criterios anteriores, se procede a mostrar una tabla resumen del desempeño de cada ruta:

Rutas	Volumen [m3]	Locales	Ocupación	Distancia Tot.	Separación	T. salida CDD	T. arribo CDD	T. en ruta
	T vol ruta	[cantidad]	[%]	[km]	[km/local]	[hh:mm]	[hh:mm]	[hh:mm]
02R	11,0	4	87%	56,48	14,12	5:45:00	13:31:00	7:46:00
03R	18,2	9	70%	91,81	10,20	6:00:00	15:30:00	9:30:00
04F	14,9	8	69%	63,08	7,89	5:38:00	12:39:00	7:01:00
05F	18,0	11	75%	69,30	6,30	6:07:00	15:16:00	9:09:00
06F	16,6	8	71%	91,09	11,39	6:09:00	13:09:00	7:00:00
07F	14,6	8	56%	88,18	11,02	6:03:00	13:34:00	7:31:00
08F	18,1	10	80%	73,85	7,38	6:28:00	14:00:00	7:32:00
09F	8,1	7	29%	112,75	16,11	5:40:00	13:07:00	7:27:00
10FH	19,0	5	83%	75,47	15,09	6:45:00	15:16:00	8:31:00
11FH	18,3	10	84%	98,24	9,82	6:47:00	12:59:00	6:12:00
12F	15,3	9	70%	104,15	11,57	6:15:00	13:43:00	7:28:00
13F	16,5	11	65%	214,34	19,49	6:00:00	14:06:00	8:06:00
14F	12,1	9	52%	127,37	14,15	5:42:00	14:10:00	8:28:00
15F	16,3	8	70%	66,28	8,29	5:58:00	12:36:00	6:38:00
19F	15,1	10	61%	96,91	9,69	6:05:00	15:00:00	8:55:00
20F	18,4	11	84%	99,88	9,08	6:17:00	15:10:00	8:53:00
21F	12,0	9	47%	105,15	11,68	6:34:00	11:55:00	5:21:00
24F	10,2	4	47%	77,05	19,26	6:32:00	12:26:00	5:54:00
25F	18,6	10	82%	83,41	8,34	6:29:00	13:01:00	6:32:00
37R	13,2	6	62%	67,37	11,23	5:43:00	15:00:00	9:17:00
40F	17,0	10	74%	119,04	11,90	6:11:00	14:15:00	8:04:00
48F	11,9	7	48%	99,81	14,26	6:40:00	14:30:00	7:50:00
49F	12,5	9	50%	94,80	10,53	5:40:00	14:50:00	9:10:00
50F	15,3	10	66%	122,05	12,21	6:32:00	13:11:00	6:39:00
51F	16,8	11	66%	142,29	12,94	6:45:00	14:35:00	7:50:00
Promedios	15,1	8,6	66%	97,61	11,76	6:11:24	13:53:58	7:42:34

Tabla 10: Medidas de desempeño de rutas actuales

De la tabla anterior se puede ver que existen 7 rutas con ocupación roja (menor al 60%), 8 con ocupación amarilla (entre 60% y 70%) y 10 rutas con ocupación verde (mayor a 70%).

Haciendo un segundo análisis sobre la tasa de ocupación y agrupando los locales según categoría (verde, amarillo o rojo), se tiene lo siguiente:

Ruta-local	Ocupación media [%]	Promedio locales	Distancia media [km]	Separación media [km/local]	Tiempo en ruta [hh:mm]
alta	79%	9	85,9	10,4	7:54:54
03R	70%	9	91,8	10,2	9:30:00
06F	71%	8	91,1	11,4	7:00:00
40F	74%	10	119,0	11,9	8:04:00
05F	75%	11	69,3	6,3	9:09:00
08F	80%	10	73,8	7,4	7:32:00
25F	82%	10	83,4	8,3	6:32:00
10FH	83%	5	75,5	15,1	8:31:00
11FH	84%	10	98,2	9,8	6:12:00
20F	84%	11	99,9	9,1	8:53:00
02R	87%	4	56,5	14,1	7:46:00
Baja	47%	8	100,7	13,9	7:23:00
09F	29%	7	112,7	16,1	7:27:00
24F	47%	4	77,1	19,3	5:54:00
21F	47%	9	105,2	11,7	5:21:00
48F	48%	7	99,8	14,3	7:50:00
49F	50%	9	94,8	10,5	9:10:00
14F	52%	9	127,4	14,2	8:28:00
07F	56%	8	88,2	11,0	7:31:00
media	66%	9	109,6	11,7	7:44:15
19F	61%	10	96,9	9,7	8:55:00
37R	62%	6	67,4	11,2	9:17:00
13F	65%	11	214,3	19,5	8:06:00
50F	66%	10	122,1	12,2	6:39:00
51F	66%	11	142,3	12,9	7:50:00
04F	69%	8	63,1	7,9	7:01:00
12F	70%	9	104,1	11,6	7:28:00
15F	70%	8	66,3	8,3	6:38:00
Promedio	66%	9	97,6	11,8	7:42:34

Tabla 11: Categorización de rutas según porcentaje de ocupación

De las 7 rutas que presentan ocupación baja, 2 de ellas (24F y 21F) son mejorables de forma inmediata ya que para ambos casos el tiempo en ruta no supera las 6 hrs, disponiendo por contrato de 7,5 horas del personal a cargo de la flota. Por su lado, ruta 09F, la cual presenta la menor ocupación en RM no es susceptible de mejora debido a que la distancia a recorrer es considerable y locales están ubicados fuera del radio urbano (Talagante, Peñaflo, Melipilla). Las 4 rutas restantes con ocupación baja (07F, 14F, 48F, 49F) podrían ser mejoradas en base a

rediseño de las mismas (intentando aumentar tasa de ocupación sin aumentar necesariamente el tiempo en ruta).

De acuerdo al análisis anterior, se podría limitar sólo a rediseñar rutas con ocupación medias y bajas, sin embargo, alineado con el objetivo del proyecto de memoria se pretende dejar una política única que sea extrapolable al crecimiento que está teniendo la Compañía (apertura de nuevos locales). También, el hecho de aumentar las rutas a rediseñar, aumenta las combinaciones posibles entre locales, ante lo cual el espacio de búsqueda es mayor, optando eventualmente a niveles mejores de solución.

Según lo mencionado en párrafo anterior, se procederá a mostrar la resolución de las instancias de despacho, tanto con la heurística investigada como también con el modelo matemático planteado.

13.2. Consideraciones previas

Dado que los despachos se realizan de lunes a sábado y que para cada día están determinados los locales a abastecer, se pretende rediseñar rutas sin alterar los días de abastecimiento de cada local, con la finalidad de no generar posibles quiebres de stock. Es así como se generarán 6 instancias de resolución (una por cada día), comparando los resultados de la metodología propuesta versus la situación actual.

Las demandas a utilizar son los volúmenes promedios despachados en abril a cada uno de los locales. Estos valores podrían cambiar con respecto a otros meses (como preparación de artículos de navidad por ejemplo, variabilidad de la demanda que se observa en [sección 6.1.3.3](#)), sin embargo, esta situación no afecta la política de despacho debido a que el objetivo es contar con un procedimiento que permita determinar un nivel de flota cercano al óptimo, dadas las características en el despacho que se presentan mes a mes.

13.3. Resolución mediante modelo matemático

En el modelo matemático se llevaron a cabo 6 instancias de resolución. Ahora bien, modelos de ruteo con capacidades y ventanas de tiempo otorgan soluciones en tiempos razonables sólo para el orden de 50-100 clientes [1], donde para el caso de CDD, al haber sobre 150 locales en cada instancia de resolución (promedio de locales con despacho diario), entonces se debe utilizar algún método para analizar de forma separada el despacho y así a

través de instancias con menor dimensión optar a menores tiempos de resolución. Los métodos utilizados son:

- División por zona geográfica
- División según ventanas de tiempo con holguras.

13.3.1. División por zona geográfica

Esta división contempla la segregación de RM en 4 cuadrantes: Nor Poniente (Zona 1, 50 locales), Nor Oriente (Zona 2, 64 locales), Sur Oriente (Zona 3, 56 locales) y Sur Poniente (Zona 4, 49 locales). De manera gráfica, se puede observar la división en la siguiente ilustración:



Ilustración 38: División RM en zonas geográficas para inserción en modelo matemático (Fuente: elaboración propia herramienta Google Maps).

13.3.1.1. Resultados división geográfica

Los resultados que se mostrarán en tabla 14 corresponden a una comparación hecha entre rutas actuales ingresadas al modelo matemático para visualizar su performance, versus rutas propuestas por el modelo. Vale decir, es una comparación de resultados teóricos de rutas actuales versus teóricos de rutas propuestas, posterior a la calibración de los parámetros utilizados en el modelo (velocidad de traslado y tiempos de auditoría).

A continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos, resolviendo el problema de despacho mediante modelo matemático y separando RM en 4 zonas geográficas (ver detalle de zonas en [anexos 17.5](#)):

Aspecto	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	
<i>Situación</i>	Actual	Prop.	Actual	Prop.	Actual	Prop.	Actual	Prop.	Actual	Prop.	Actual	Prop.
<i>N° Locales</i>	153		164		166		169		145		168	
<i>N° Rutas</i>	25	23	25	24	25	24	25	24	25	23	25	24
<i>Ocupación %</i>	61,3%	68,4%	64,6%	69,3%	65,8%	70%	66%	70,5%	59,9%	65%	65,4%	69,9%
<i>Volumen total RM</i>	306,6 m3		323 m3		327,6 m3		329,9 m3		299,6 m3		327,2 m3	
<i>Distancia total recorrida</i>	2.440 km	1.825 km	2.440 km	1.917 km	2.440 km	2.003 km	2.440 km	2.178 km	2.440 km	1.802 km	2.440 km	2.122 km
<i>Hora media regreso[hrs]</i>	13:55	13:19	13:55	12:58	13:55	12:50	13:55	13:32	13:55	13:25	13:55	13:14

Tabla 12: Resultados de modelo matemático con división geográfica en 4 zonas

De la tabla anterior se puede observar que la flota necesaria para cubrir el despacho en RM es de 24 camiones en promedio, con una ocupación media de 68%. Ese decir, existe un ahorro de 1 camión con respecto a la situación actual. La valuación del ahorro corresponde a 6 viajes semanales (24 viajes mensuales en base a 4 semanas) con una disminución del costo variable de transporte de \$2,8 MM / mes.

13.3.2. División según ventanas de tiempo

Para esta segregación se utilizan 3 ventanas de tiempo, las más comunes dentro de los locales. Estas son: locales con despachos entre las 6 y 8 am, entre 7 y 9 am y locales sin restricción (entre 6 y 22 hrs). Ahora bien, dado que el nivel de atrasos actuales en el despacho es en torno a las 2 horas, se procederá a resolver las instancias con las mismas 2 horas de

holgura, con el objetivo de comparar a igualdad de condiciones con respecto al despacho actual de CDD.

13.3.2.1. Resultados división ventana de tiempo

A continuación se presentan los resultados obtenidos para esta forma de segregación de locales. Los datos de demanda media son los mismos que se utilizaron para punto anterior.

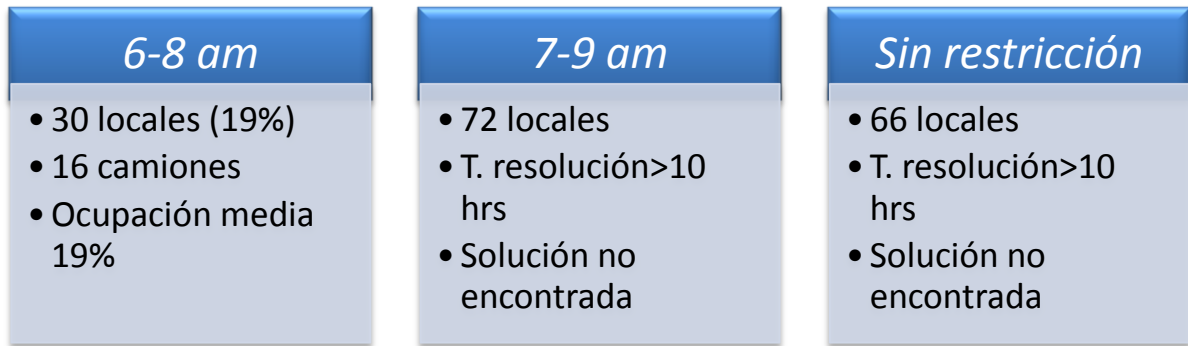


Ilustración 39: Resultados de modelo matemático, separando locales según intervalo horario

De la ilustración 39 se puede observar que instancias de resolución de 7-9 am y sin restricción no son abordables mediante un modelo matemático exacto al tener más de 50 locales dentro de la instancia. Por su lado, instancia de resolución de 6-8 am utiliza 16 camiones (64% del número de camiones actuales) para cubrir sólo el 19% de los locales con despacho diario (160 locales con despacho diario en promedio), lo que permite concluir que para esta instancia de resolución los costos se ven incrementados sustancialmente debido a la acotada ventana horaria.

Debido a los elevados tiempos de cómputo de esta alternativa (sobre 10 hrs de resolución para segunda y tercera instancia), se ha descartado como una metodología válida de resolución.

14. RESULTADOS HEURÍSTICA DE AHORROS DE CLARKE AND WRIGHT

Habiendo mostrado los resultados obtenidos mediante modelamiento matemático, se procederá a mostrar la resolución mediante heurística de ahorros propuesta por Clarke and Wright. Tal como se mencionó al final de la [sección 11.1](#) se procederá a mostrar los resultados para dos enfoques de solución diferentes.

1° Enfoque

Enfoque en el cual se busca reducir el nivel de flota aplicando una holgura constante de 2 horas en el tiempo de arribo para aquellos locales que presentan atrasos en el tiempo de llegada. Para aquellos locales que no presentan atrasos, se respetará la hora máxima de arribo a dicho local. Las 2 horas de holgura se fundamentan en el atraso promedio calculado en [sección 11.1](#).

2° Enfoque

Enfoque en el cual se busca reducir el nivel de flota, pero a su vez aumentar el nivel de servicio, vale decir, la cantidad de locales abastecidos a tiempo (dentro de ventana horaria). Para llevar a cabo este enfoque de solución se utilizarán los tramos de atrasos definidos en tabla 9 de la siguiente forma:

Tramo de atraso	Intervalo horario de atraso actual	Atraso máximo permitido	Cantidad de locales
1	Menor a 1 hra	Sin atraso	117
2	Entre 1 y 2 hrs	1 hora	42
3	Entre 2 y 3 hrs	2 horas	45

Tabla 13: Atrasos máximos permitidos según tramo actual de atraso

Con los atrasos máximos permitidos en tabla anterior se buscan dos objetivos: Primero aumentar directamente el nivel de servicio al hacer que todos los locales pertenecientes a tramo 1 lleguen dentro de ventana horaria y segundo, disminuir el atraso promedio actual de 2 horas, lo cual se pretende lograr imponiendo un atraso máximo igual al límite inferior del intervalo horario de atraso actual mostrado en tabla anterior para los tramos 2 y 3.

14.1. Resultados heurística 1° Enfoque de solución

A continuación se presentan los resultados de la resolución de cada una de las 6 instancias (lunes a sábado) para volúmenes del mes de abril 2014 y su comparación con el desempeño actual del despacho para el 1° enfoque de solución planteado al inicio de [sección 13](#):

Aspecto	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Promedios	
Situación	Actua l	Prop	Actua l	Prop	Actua l	Prop	Actua l	Prop	Actua l	Prop	Actua l	Prop.	Actua l	Prop.
Locales	153		164		166		169		145		168		161	161
Rutas	25	21	25	22	25	23	25	23	25	21	25	23	25	22,2
Ocupación %	61,3%	72,4%	64,6%	72,8%	65,8%	71%	66%	71,7%	59,9%	71,35%	65,4%	71,1%	63,8%	71,7%
Volumen	306,6 m3		323 m3		327,6 m3		329,9 m3		299,6 m3		327,2 m3		319 m3	
Distancia	2.200 km	1.435 km	2.370 km	1.519 km	2.420 km	1.553 km	2.440 km	1.378 km	2.087 km	1.462 km	2.401 km	1.563 km	2.320 km	1.485 km
Hora regreso Promedio [hrs]	13:25	12:29	13:50	12:43	13:55	12:26	13:58	12:43	13:13	12:25	13:41	12:44	13:40	12:35

Tabla 14: Comparación de resultados heurística propuesta versus situación actual para cada día de la semana (1° enfoque de solución). Volúmenes del día promedio para mes de abril 2014.

Los principales resultados que se desprenden de la tabla 14 son:

1. Para cada una de las instancias (Lunes a Sábado) el nivel de flota se ve disminuido, pasando desde 25 vehículos hasta 23, 22 o 21 vehículos dependiendo del día (22 vehículos promedio).
2. A causa de disminución anterior, existe un ahorro promedio de 17 viajes semanales (68 viajes mensuales) lo cual se valoriza en \$7,8 MM mensuales (Ahorro: \$115 M por viaje).
3. La reducción de flota se ve reflejada en un aumento del porcentaje de ocupación de los vehículos, pasando de 66% a 71,5%.
4. Disminución del orden de 900 km diarios de la distancia total recorrida por la flota, lo cual se ve reflejado en una disminución de costo variable para la empresa de transporte

externo. Se estima una disminución de \$1,5 MM mensuales¹² por concepto de ahorro en combustible.

5. Se estima disminución de alrededor de 1 hora en tiempo promedio de retorno de camiones.

A modo de ejemplo se muestra en tabla 16 la performance de cada una de las 21 rutas creadas para el día Lunes bajo el 1° enfoque de solución. Las demás tablas pueden ser vistas en [sección 18.8](#):

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupación [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separación [locales /km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-91-134-40-209-92-109-211-0	7	10,5	53%	85	0,08	12:39:22	6:09:22
0-173-181-177-126-76-138-0	6	9,57	48%	80	0,08	12:00:00	5:30:00
0-143-57-72-184-66-80-13-20-0	8	17,86	89%	80	0,1	13:00:00	6:30:00
0-97-140-23-44-165-65-0	6	10,62	53%	70	0,09	11:41:15	5:11:15
0-159-125-75-64-52-9-124-0	7	12,09	60%	61	0,11	11:54:22	5:24:22
0-38-5-113-104-168-131-144-14-90-77-0	10	18,96	95%	73	0,14	13:46:52	7:16:52
0-15-30-56-132-58-142-37-0	7	13,42	67%	62	0,11	11:56:15	5:26:15
0-54-28-41-2-87-130-10-118-51-88-0	10	18,94	95%	61	0,16	13:24:22	6:54:22
0-83-149-128-141-187-108-157-89-0	8	17,38	87%	64	0,13	12:30:00	6:00:00
0-68-26-21-31-70-63-119-0	7	17,78	89%	57	0,12	11:46:52	5:16:52
0-59-33-29-71-42-50-116-150-0	8	17,46	87%	53	0,15	12:09:22	5:39:22
0-210-53-11-17-1-4-0	6	18,91	95%	40	0,15	10:45:00	4:15:00
0-120-106-155-95-47-0	5	7,39	37%	96	0,05	12:00:00	5:30:00
0-114-110-161-94-121-122-111-0	7	10,02	50%	56	0,13	11:45:00	5:15:00
0-129-39-78-123-74-117-213-101-0	8	18,73	94%	59	0,14	12:20:37	5:50:37
0-217-55-25-100-145-7-46-84-0	8	18,05	90%	71	0,11	12:43:07	6:13:07
0-152-195-136-24-174-98-160-0	7	12,68	63%	98	0,07	13:03:45	6:33:45
0-147-49-8-61-35-62-146-0	7	17,74	89%	45	0,16	11:24:22	4:54:22
0-115-69-192-180-3-154-0	6	12,18	61%	54	0,11	11:11:15	4:41:15
0-81-139-36-34-48-105-0	6	9,39	47%	120	0,05	13:15:00	6:45:00
0-32-133-212-16-43-135-137-45-0	8	14,6	73%	47	0,17	11:58:07	5:28:07
Promedio	7,2	14,5	72%	68,2	0,1	12:15:00	5:45:00

Tabla 15: Detalle del performance de cada una de las 21 rutas creadas para despachar los días Lunes. Fuente: Elaboración propia.

¹² Cálculo se basa en supuesto de 24 días de despacho al mes, rendimiento de 10 km/litro para camiones y precio de combustible disel de 700 \$ / litro.

De la tabla 15 se puede observar que la tasa de ocupación promedio ha aumentado desde un 66% para la situación actual a un 72% para las rutas propuestas, consecuencia de la disminución de flota. Por su lado, el tiempo promedio en ruta ha disminuido en promedio 2 horas, bajando desde 7:40 hrs hasta 5:45 hrs aprox.

A modo de ilustrar de forma gráfica los resultados obtenidos con este enfoque, a continuación se muestran algunas rutas pertenecientes al sector oriente de Santiago:

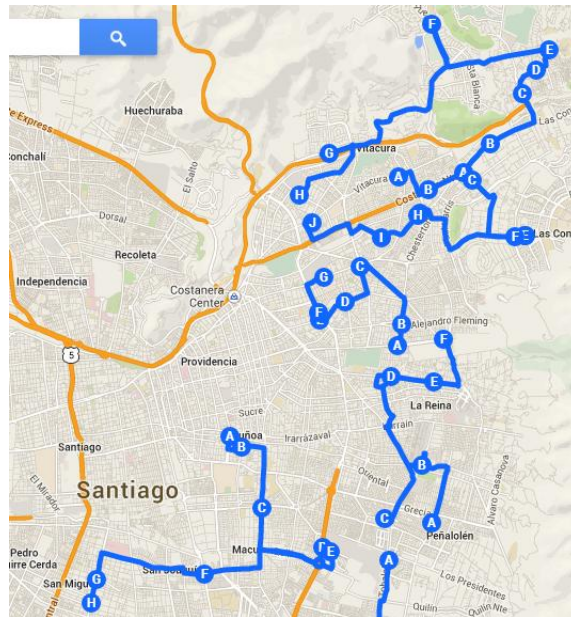


Ilustración 40: Gráfica de rutas del sector oriente obtenidas con primer enfoque de solución. Fuente: Elaboración propia

De la ilustración 40 se puede observar que para las rutas mostradas no existe un traslape geográfico que haga que los camiones crucen grandes distancias para abastecer diferentes locales, lo cual impactaba en los tiempos en ruta que tenían las rutas actuales.

14.2. Resultados heurística 2° Enfoque de solución

A continuación se presentan los resultados de la resolución de cada una de las 6 instancias (lunes a sábado) para volúmenes del mes de abril 2014 y su comparación con el desempeño actual del despacho para el 2° enfoque de solución planteado al inicio de [sección 13](#):

Aspecto	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Promedios	
Situación	Actua 1	Prop.	Actua 1	Prop.	Actua 1	Prop.	Actua 1	Prop.	Actua 1	Prop.	Actua 1	Prop.	Actua 1	Prop.
Locales	153		164		166		169		145		168		160,8	
Rutas	25	26	25	26	25	28	25	27	25	23	25	26	25	26
Ocupación %	61,3%	58,2%	64,6%	61,4%	65,8%	58,1%	66%	60,4%	59,9%	64,3%	65,4%	62,2%	63,8%	60,8%
Volumen	306,6 m3		323 m3		327,6 m3		329,9 m3		299,6 m3		327,2 m3		319 m3	
Distancia	2.200 km	1.615 km	2.370 km	1.602 km	2.420 km	1.720 km	2.440 km	1.657 km	2.087 km	1.449 km	2.401 km	1.651 Km	2.320 km	1.616 km
Hora regreso Promedio [hrs]	13:25	11:41	13:50	11:51	13:55	11:49	13:58	12:13	13:13	11:55	13:41	12:12	13:40	11:56

Tabla 16: Comparación de resultados heurística propuesta versus situación actual para cada día de la semana (1° enfoque de solución). Volúmenes del día promedio para mes de abril 2014.

La tabla 16 presenta los resultados obtenidos para el 2° enfoque de solución, donde lo que se hizo fue intentar disminuir la flota respetando los atrasos máximos permitidos en tabla 11.

Los principales resultados que se desprenden de la tabla 16 son:

1. El nivel de flota promedio se ve aumentado en 1 camión diario. Esto debido a que se ha reducido la holgura de 2 horas mostrada en 1° enfoque de solución, segmentando así la holgura máxima permitida según tramos de atrasos mostrados en tabla 11.
2. El aumento de flota y el rediseño de rutas permite optar a un mejor nivel de servicio, aumentando del actual 47% promedio de locales abastecidos a tiempo a un 62% de los locales con despacho dentro de la ventana horaria.
3. A causa del aumento en el nivel de servicio, existe también un aumento del costo promedio de 6 viajes semanales (24 viajes mensuales) lo cual se valoriza en \$2,8 MM mensuales (Costo: \$115 M por viaje).
4. El aumento de flota promedio impacta en el porcentaje de ocupación de los vehículos, disminuyendo desde 63,8% a 60,8%.

5. Disminución del orden de 700 km diarios de la distancia total recorrida por la flota, lo cual se ve reflejado en una disminución de costo variable para la empresa de transporte externo. Se estima una disminución de \$1,2 MM mensuales¹³ por concepto de ahorro en combustible.
6. Se estima disminución de alrededor de 1:30 hrs en tiempo promedio de retorno de camiones.

A modo de ejemplo se muestra una tabla con la performance de cada una de las 26 rutas creadas para el día Lunes bajo el 2° enfoque de solución. Las demás tablas pueden ser vistas en [sección 18.9](#):

¹³ Cálculo se basa en supuesto de 24 días de despacho al mes, rendimiento de 10 km/litro para camiones y precio de combustible disel de 700 \$ / litro.

Ruta	Local es	Volumen [m3]	Tasa ocupación [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separación [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-91-134-40-209-92-109-211-0	7	10,5	53%	85	0,08	12:39:22	6:09:22
0-38-5-113-57-143-0	5	10,89	54%	68	0,07	11:07:30	4:37:30
0-181-177-126-76-138-0	5	7,66	38%	78	0,06	11:26:15	4:56:15
0-104-168-131-144-14-90-0	6	11,03	55%	67	0,09	11:35:37	5:05:37
0-23-44-165-65-0	4	7,43	37%	62	0,06	10:26:15	3:56:15
0-72-184-66-80-13-20-84-0	7	15,23	76%	80	0,09	12:30:00	6:00:00
0-55-25-100-145-7-46-77-37-0	8	18,66	93%	63	0,13	12:28:07	5:58:07
0-15-30-56-132-58-142-0	6	11,48	57%	61	0,1	11:24:22	4:54:22
0-87-130-10-118-51-88-0	6	11,36	57%	59	0,1	11:20:37	4:50:37
0-195-136-24-152-0	4	6,25	31%	89	0,04	11:16:52	4:46:52
0-106-155-95-47-0	4	6	30%	95	0,04	11:28:07	4:58:07
0-26-3-180-192-69-0	5	11,69	58%	48	0,1	10:30:00	4:00:00
0-141-187-173-97-140-68-28-21-31-0	9	17,07	85%	75	0,12	13:20:37	6:50:37
0-124-125-75-64-52-9-159-108-157-0	9	17,32	87%	67	0,13	13:05:37	6:35:37
0-129-39-78-123-74-89-0	6	18,53	93%	53	0,11	11:09:22	4:39:22
0-33-29-71-42-50-54-0	6	14,39	72%	52	0,12	11:07:30	4:37:30
0-59-115-149-128-83-116-150-4-0	8	17,36	87%	55	0,15	12:13:07	5:43:07
0-102-62-0	2	4,24	21%	39	0,05	8:43:07	2:13:07
0-210-53-35-114-0	4	15,37	77%	40	0,1	9:45:00	3:15:00
0-110-161-94-121-122-111-0	6	9,02	45%	51	0,12	11:05:37	4:35:37
0-212-98-174-48-139-81-0	6	9,22	46%	94	0,06	12:26:15	5:56:15
0-49-8-147-217-213-101-0	6	10,78	54%	41	0,15	10:46:52	4:16:52
0-32-160-133-16-43-0	5	9,57	48%	40	0,13	10:15:00	3:45:00
0-17-1-11-61-117-146-154-0	7	11,44	57%	49	0,14	11:31:52	5:01:52
0-137-135-0	2	2,17	11%	25	0,08	8:16:52	1:46:52
0-41-2-70-63-119-120-105-45-0	8	18,36	92%	79	0,1	12:58:07	6:28:07
Promedio	5,8	11,7	58%	62,12	0,10	11:20:41	4:50:41

Tabla 17: Resultados por ruta para 2° enfoque de solución heurística de ahorros

De la tabla 17 se puede observar que la tasa de ocupación promedio ha disminuido desde un 66% para la situación actual hasta un 58% para las rutas propuestas, consecuencia del aumento de flota. Por su lado, al haber más camiones despachando y debido al rediseño de

rutas, el tiempo promedio en ruta ha disminuido considerablemente bajando desde 7:40 hrs hasta 4:50 hrs aprox.

14.3. Conclusiones del capítulo

Luego de haber analizado ambos enfoques de solución se concluye que el 1° enfoque sería el óptimo si lo que se busca es reducir el costo variable de transporte. Por su lado, si lo que se pretende es aumentar el nivel de servicio, entonces el 2° enfoque de solución es el mejor. Por lo tanto, dado lo anterior, el enfoque de solución a utilizar dependerá del objetivo que persigue la Compañía. Como el objetivo principal del presente trabajo de título es disminución del costo variable de transporte, entonces el enfoque óptimo corresponde al 1° enfoque de solución, con una disminución del costo variable de transporte de \$7,8 MM / mes.

Cabe destacar que independiente del enfoque a utilizar, existe una disminución del total de la distancia recorrida por la flota de 900 kilómetros diarios con la implementación de la heurística de ahorros propuesta por Clarke and Wright, lo cual se ha valorizado en una disminución de \$1,5 MM mensuales¹⁴ para la empresa externa de transporte por concepto de ahorro en combustible.

¹⁴ Cálculo se basa en supuesto de 24 días de despacho al mes, rendimiento de 10 km/litro para camiones y precio de combustible disel de 700 \$ / litro.

15. VARIABILIDAD DE LOS RESULTADOS

Tal como se mencionó en los capítulos 12 y 13, las demandas consideradas para los cálculos del nivel de flota fueron en base a la demanda promedio para el mes de abril 2014 (lo cual corresponde a 3.594.077 unidades vendidas en RM). Ahora bien, como se pudo observar en el capítulo 6, las ventas mensuales presentan volatilidad año tras año. Es así como se ha procedido a calcular un intervalo de confianza¹⁵ para la demanda de productos para el mes de abril, recopilando las demandas del mes para todos los años comprendidos entre el año 2008 y 2013.

Antes de construir un intervalo de confianza es necesario saber la distribución de probabilidad que sigue la variable de estudio que en este caso corresponde a las unidades vendidas por mes. A continuación se muestra un gráfico que ilustra la distribución de ventas:

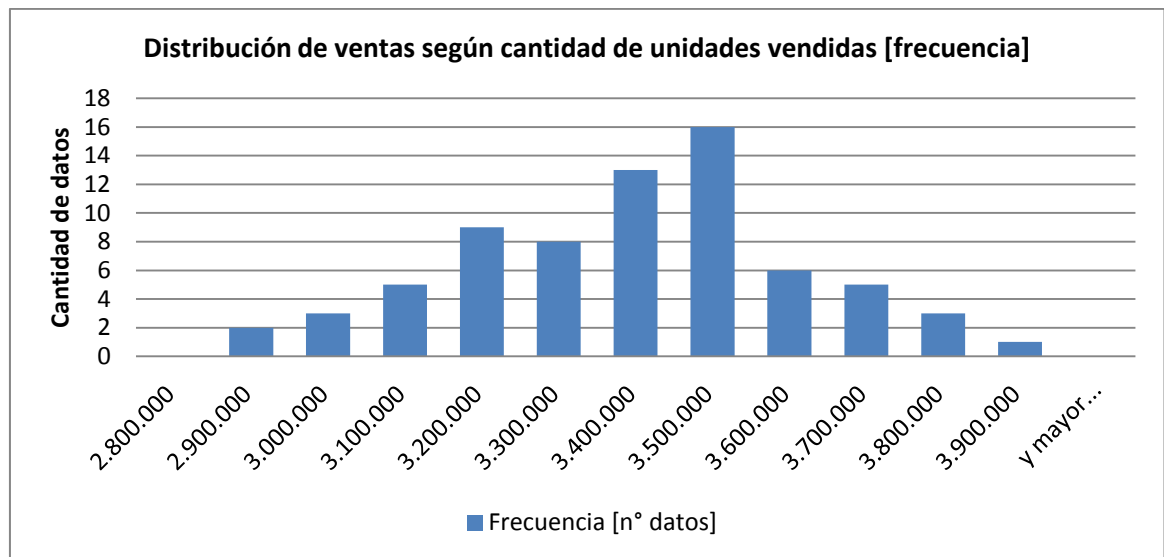


Ilustración 41: Distribución de ventas según cantidad de unidades vendidas. Datos correspondientes a ventas mensuales desde Enero 2008 hasta Junio 2014 (72 datos). Fuente:Elaboración propia en base a datos proporcionados por área comercial CDD.

De la ilustración anterior se puede apreciar que de acuerdo a los datos recopilados el nivel de ventas se asemeja a una distribución normal, razón por la cual se utilizarán los parámetros de la normal para la construcción del intervalo de confianza. Las medias y desviaciones de las distribuciones normales para cada mes se encuentran en la siguiente tabla:

¹⁵ **Intervalo de confianza:** Es un rango numérico que indica que una variable aleatoria se encuentra con cierto nivel de confianza dentro de dicho intervalo. Se pueden calcular intervalos de confianza para diferentes niveles de certeza, siendo los más comunes al 95% y 99% de confianza, lo cual asegura con un 95% y 99% de certeza que la variable aleatoria se encuentra dentro de dicho intervalo respectivamente.

Mes	Promedio venta	Desv. Est.	Coefficiente variación
Enero	3.457.890	198.698	6%
Febrero	3.069.166	221.846	7%
Marzo	3.278.228	276.660	8%
Abril	3.394.933	208.982	6%
Mayo	3.464.966	144.832	4%
Junio	3.482.028	179.718	5%
Julio	3.392.499	90.860	3%
Agosto	3.349.803	158.648	5%
Septiembre	3.330.380	167.704	5%
Octubre	3.273.283	206.220	6%
Noviembre	3.241.983	183.050	6%
Diciembre	3.410.736	330.015	10%

Tabla 16: Promedio unidades vendidas mensualmente, desviación estándar y coeficiente de relación (desviación dividido promedio). Fuente: Elaboración propia (datos de ventas desde 2008 al 2014).

Luego, para asegurar estar cubriendo el mayor marco de variaciones, se tomará la desviación de diciembre y se aplicará en la construcción del intervalo de confianza en conjunto con los promedios mensuales para cada mes del año.

Antes de mostrar el intervalo de confianza, se procederá a mostrar la metodología de cálculo. El intervalo de confianza para una variable aleatoria que se distribuye normalmente viene dado por la siguiente fórmula:

$$\left(\bar{x} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{x} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

Donde,

$$\begin{aligned} \bar{X} & \text{ promedio muestral} \\ Z_{\alpha/2} & \text{ valor crítico} \\ \sigma & \text{ error estándar de la muestra} \\ n & \text{ tamaño de la muestra} \end{aligned}$$

El valor crítico depende del nivel de certeza al cual se quiere optar y se considera un dato una vez que se ha determinado el nivel de certeza. En este caso se eligieron niveles de certeza del 95% y 99%, por lo que se calcularán 2 intervalos de confianza. Los valores críticos son 1,96 y 2,576 respectivamente para una distribución normal.

Luego, por ejemplo, los intervalos de confianza para el mes de abril para ambos niveles de certeza son:

(3.150.454 , 3.639.411) al 95% de confianza

(3.073.618 , 3.716.247) al 99% de confianza

Lo cual indica que con un 95% y 99% de confianza las ventas estarán dentro de los rangos presentados con anterioridad respectivamente.

Lo importante de estos intervalos calculados es fijarse en las cotas superiores, comparándolas con el promedio de la venta para el mes de abril 2014 (3.594.077), debido a que los cálculos del nivel de flota fueron utilizados con dichos niveles de venta.

Si se observan las cotas superiores de los intervalos de confianza expuestos con anterioridad, éstas corresponden al 101,3% y al 103,4% de las ventas hechas en el mes de abril 2014, razón por la cual se podría afirmar con un 95% o 99% de certeza que no será necesario incurrir en niveles de flota adicional para los meses de abril dado los datos históricos desde el año 2008 al año 2013.

Si bien se realizó el ejercicio para el mes de abril, el mismo podría replicarse para los demás meses del año, con el objetivo de establecer intervalos de confianza para el nivel de ventas y así poder estimar el nivel de flota que garantiza con un 95% o 99% de certeza que dicho nivel será capaz de cubrir la demanda del mes correspondiente. A continuación, se muestran los niveles de ventas para el año 2014 junto con su pronóstico (mínimos y máximos del intervalo de confianza al 95% y 99% de certeza):

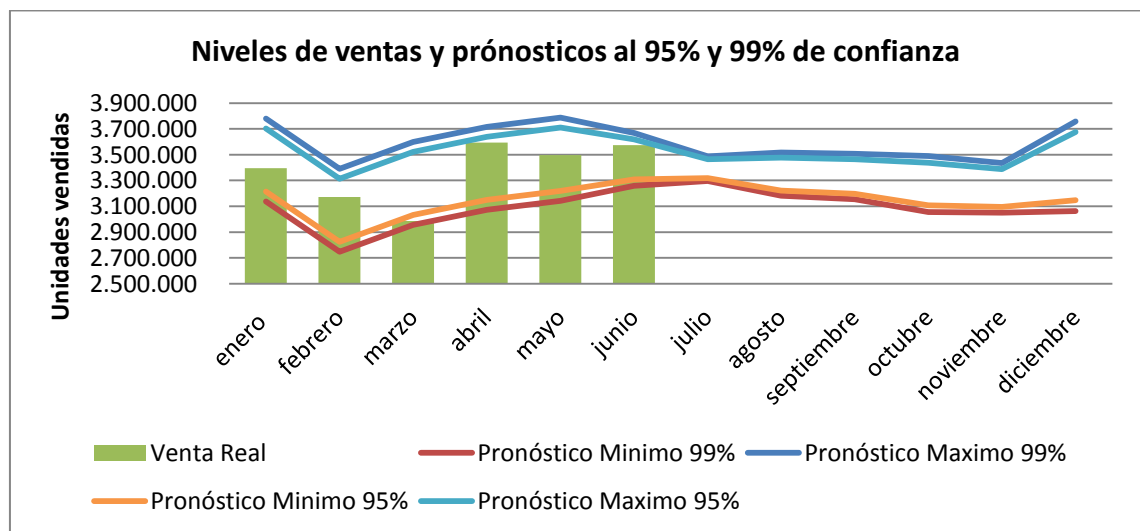


Ilustración 42: Niveles de venta para el año 2014 y valores mínimos de los intervalos de confianza al 99% de certeza en base a 6 años anteriores (2008-2013). Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por área comercial CDD.

Un supuesto involucrado dentro de este análisis corresponde a que se considera una conversión volumétrica constante entre la cantidad de unidades vendidas en el mes y el volumen que dichos productos ocupan dentro de los camiones. Una posible mejora podría ser corroborar con datos históricos si es que efectivamente esta conversión volumétrica es relativamente constante y no presenta variaciones sustanciales mes a mes.

Por último, un punto fundamental es que mediante este método se asegura con un 95% o 99% de probabilidad que la demanda mensual será satisfecha de buena forma, sin embargo, podría darse que algún día del mes no fuese posible cubrir la demanda de dicho día, lo cual no representa un gran problema debido a que existe holgura para despachar otros días de la semana. Por lo demás, como el nivel de flota se prepara para la demanda agregada del mes, este descalce sería coyuntural y no estructural o sostenido a lo largo del mes.

Finalmente, cabe destacar que con la metodología anteriormente expuesta se busca prepararse para los más altos niveles de demanda, pero siempre teniendo en cuenta que los meses dentro del año son diferentes entre sí (demanda promedio varía), ante lo cual se intenta ajustar la flota al mes característico, incorporando la volatilidad máxima de todos los meses históricos en el cálculo de la demanda máxima esperada.

16. USO TÁCTICO Y METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA

16.1. Uso táctico de la herramienta

Como se pudo apreciar en capítulo 6 (ilustración 12), la venta presenta estacionalidad dentro del año, semana y horaria del día. De las anteriores, y dado que la presente herramienta fue diseñada con un objetivo táctico, se elegirá la estacionalidad dentro del año para la determinación del nivel de flota mensual. En la práctica se deberá determinar mensualmente la cantidad de camiones necesarios para cubrir el despacho. La forma de la determinación será preparándose para la cota superior del intervalo de confianza al 99% de certeza, que para el caso de abril por ejemplo, correspondía a 3.639.411 unidades/mes.

La metodología de resolución anterior permite prepararse para los más altos niveles de venta mensuales, teniendo un 99% de certeza que el nivel de ventas estará contenido dentro del intervalo, ante lo cual el nivel de flota calculado podrá satisfacer la demanda de dicho mes. Este enfoque deja de lado el concepto de camiones extras (de holgura) debido a que el nivel de flota fijado está pensado en uno de los mayores niveles de demanda de acuerdo a los meses con los que se construyó el intervalo de confianza.

De acuerdo a lo expuesto en capítulo anterior, el pronóstico de demanda (construcción del intervalo de confianza) se realizó con datos del mismo mes para los últimos 6 años, vale decir, se cuenta con 6 datos para la construcción de dicho pronóstico. Esta forma de estimar la demanda podría cambiar de acuerdo a la experiencia de agentes CDD, los cuales podrían, por ejemplo, darle más peso a años recientes y menos peso a años más lejanos.

Debido a que el pronóstico toma en cuenta la venta de años anteriores, la determinación de flota podría hacerse al comienzo del año para todos los meses venideros. Sin embargo, como se mencionó en párrafo anterior, podría existir un parámetro en la construcción del intervalo (por ejemplo, un ponderador) el cual permitiese incorporar estacionalidad o variabilidad que sólo manejan agentes CDD por estar insertos en el negocio. Esto permitiría al pronóstico de demanda “absorber” conocimiento de la experiencia de agentes CDD y no sólo ser una mera construcción estadística.

16.2. Métodos de estimación de demanda alternativos a intervalos de confianza

Dentro de los métodos de estimación de demanda existen cualitativos y cuantitativos. Debido a que existen datos históricos para la estimación de la demanda, se pueden usar los mismos para una estimación en base a métodos cuantitativos, dado que la demanda de CDD posee estacionalidad a lo largo de los meses del año. Los métodos cuantitativos se dividen en:

Modelos de series temporales

- Enfoque simple
- Medias móviles
- Suavizamiento exponencial
- Proyección de tendencia

Modelos asociativos o causales

- Regresión lineal

De lo anteriores, se realizó la prueba con medias móviles de 2 períodos (meses) y con la combinación de ésta con el promedio mensual acumulado del mes correspondiente, vale decir, el promedio de los meses enero anteriores al mes enero que se intenta predecir, y así sucesivamente. Los resultados se muestran a continuación:

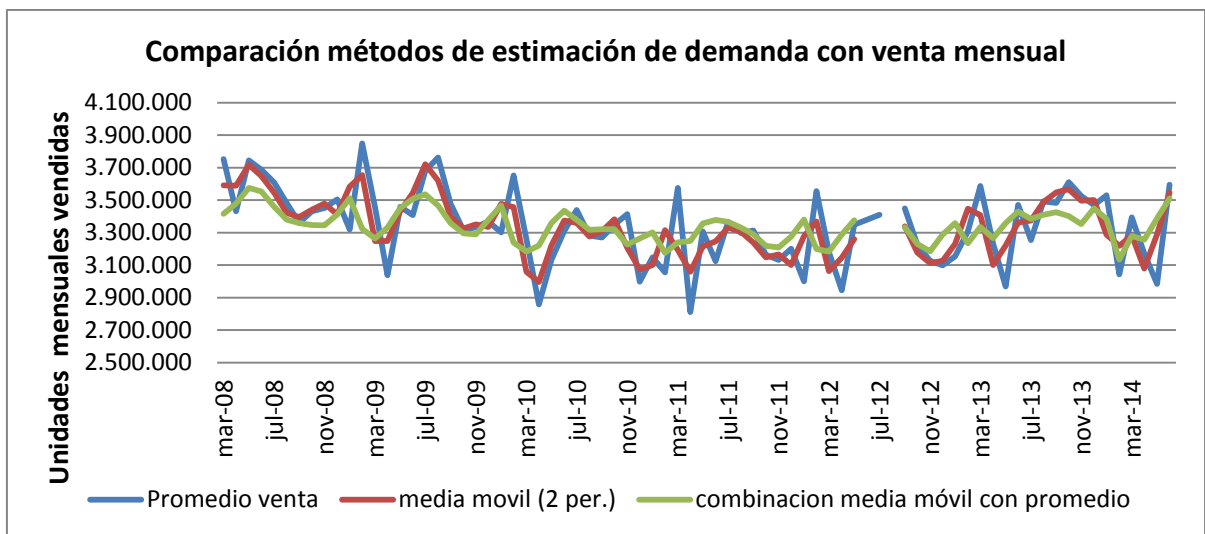


Ilustración 43: Comparación de métodos de estimación de demanda con venta mensual. Datos desde marzo 2008 a junio 2014. Fuente: Elaboración propia

De la ilustración anterior se puede observar que combinación de media móvil con promedios mensuales acumulados presentan un mejor ajuste a los datos en comparación a media móvil. Lo anterior se puede ver en los indicadores de error cuadrático medio siguientes:

Pronóstico	ECM
Media móvil (2p)	2.037.823.475.032
Combinación	1.479.598.062.625

Tabla 17: Error cuadrático medio para diferentes métodos de estimación de demanda.

El problema de la media móvil es que no capta estacionalidad mensual, lo cual se observa en la siguiente ilustración:

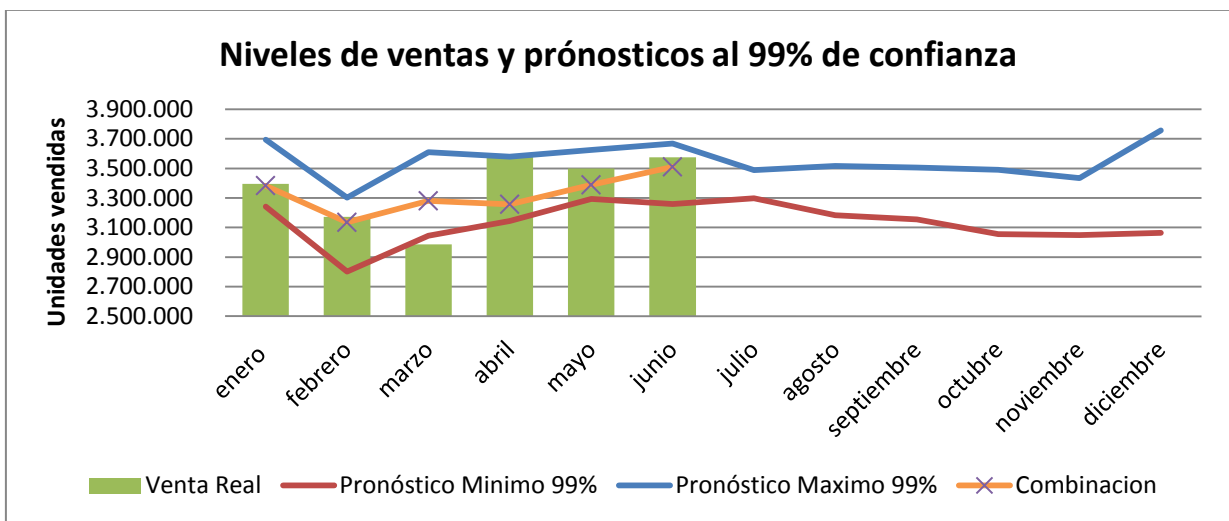


Ilustración 44: Pronóstico con media móvil de 2 periodos para meses de enero a junio 2014. Fuente: Elaboración propia.

De la ilustración 44 se observa que existen meses donde ambos métodos pronostican menos de lo realmente vendido, lo que haría incurrir en falta de capacidad de flota por una estimación de demanda baja. Por lo anterior, y ante un buen desempeño intervalos de confianza, se concluye que éstos presentan un mejor enfoque de solución, donde lo que se hace es prepararse para el límite superior del intervalo.

Cabe destacar que dado el uso táctico de la herramienta, la estimación de demanda se realiza en base a ventas mensuales y no diarias, debido a que dentro del mes no existe gran varianza del despacho.

16.3. Metodología de implementación

En este capítulo se da una guía para la implementación de la metodología que permite el cálculo de la flota óptima de acuerdo a niveles de demanda agregada y días de abastecimiento para cada uno de los locales de Región Metropolitana. Como se ha mencionado con anterioridad, tanto el modelo implementado como la heurística propuesta son de carácter táctico, ante lo cual el input de demanda debe ser estimado de forma semanal, quincenal o mensual según la necesidad de CDD.

16.3.1. Datos requeridos

- Días de abastecimiento por local
- Demanda promedio por local
- Restricción horaria por local
- Velocidad promedio
- Tiempo promedio de auditoria
- Coordenadas geográficas (latitud, longitud) por local

16.3.2. Planilla input de datos

Todos los datos necesarios en [sección 14.1](#) deben ser ingresados a planilla Excel llamada “input.xls”.

16.3.3. Implementación de heurística de ahorros en PHP

A partir de planilla anterior, todos los parámetros son leídos por un archivo PHP¹⁶ en el cual se realiza la implementación de la heurística de ahorros de Clarke and Wright descrita en [sección 8.2.1.1](#). Según la complejidad de la instancia a resolver (número de locales), la resolución de la heurística puede demorar desde 3 segundos en instancias con 50 clientes, hasta 5 o 10 minutos en instancias sobre 200 clientes.

A continuación se muestra la forma en que se muestran los resultados en PHP:

¹⁶ Archivo “matrixrun.php” implementado en lenguaje de programación PHP, donde se desarrolla toda la heurística propuesta.

Clarke & Wright savings Hueristics with time windows

Numero de ruta 8

Camion: 1
Ruta: 0-175-154-114-102-49-147-85-213-117-101-0
Cantidad de Locales: 10
Total Volumen: 15.83 m³
Tasa ocupacion: 79.15 %
Total Distancia (aprox): 51 km
Total Tiempo con reparto: 47520 seconds
Tiempo de arribo a CDD: 13:12:00

Ilustración 45: Display de resultados para una ruta

En ilustración 45 se puede observar que ítem ruta indica el orden en que deben ser visitados los locales para reducir la distancia recorrida. Para cada ruta se entrega las siguiente información de utilidad: entrega la cantidad de locales visitados, el total del volumen de la ruta, la tasa de ocupación en base a la capacidad del camión (20 m³), la distancia recorrida (euclidiana) y el tiempo de retorno a CDD.

Por otro lado, se muestran un resumen de todas las rutas visitadas para una instancia. A continuación se muestra un ejemplo del resumen mostrado para un día lunes:

Resumen rutas:
Hora Promedio de regreso : 12 hrs 29 min
Total clientes visitados: 152
Total rutas: 21
Total volumen: 304.27 m³
Total distancia (aprox): 1435 km
Ocupacion promedio: 72.45 %

Num. Optimo de camiones (prob. relajado): 17
Peor distancia al optimo: 23.53 %

Ocupaciones bajas:
Rutas con ocupacion baja: 10 (-52.5 % 47.85 % 53.1 % 60.45 % 67.1 % 36.95 % 50.1 % 63.4 % 60.9 % 46.95 % -)
Cantidad locales en rutas con ocupacion baja: 64
Locales en rutas con ocupacion baja: 0-91-134-40-209-92-109-211-00-173-181-177-126-76-138-00-97-140-23-44-165-65-00-124-125-75-64-52-9-159-00-56-132-15-30-58-142-37-00-120-106-155-95-47-00-114-110-161-94-121-122-111-00-152-195-136-24-174-98-160-00-115-69-192-180-3-154-00-81-139-36-34-48-105-0

Locales no atendidos:
Cantidad locales no atendidos: 0
Locales no atendidos: -

Ilustración 46: Ejemplo del display de estadísticas resumen del total de rutas para día Lunes

De la ilustración 46 se puede observar que los datos entregados por el resumen de las rutas son:

- Tiempo promedio de regreso a CDD: Promedio simple de los tiempos de retorno para cada una de las rutas generadas.
- Total clientes visitados: Cantidad de clientes abastecidos por las rutas
- Total rutas: Número de camiones utilizados en dicha instancia
- Total volumen: Volumen promedio aproximado entregado en dicha instancia
- Ocupación promedio: Volumen repartido sobre el total de la capacidad de los camiones utilizados en dicha instancia
- Número óptimo de camiones en problema relajado: Corresponde a una cota inferior del número de camiones que se obtiene por la aplicación única de la restricción de capacidad. Se calcula cómo ***Entero superior (Volumen despachado / $\sum_{i=1}^n Cap_i$)***, donde n es la cantidad de camiones utilizados y Cap_i es la capacidad de camión i (20 m³ para toda la flota).
- Peor distancia al óptimo: Dada la cota inferior y el nivel de flota entregado por la heurística, se calcula en términos porcentuales ((camiones utilizados-cota inferior)/cota inferior) la distancia a esta cota inferior, sabiendo que dicha distancia será la peor distancia que separa la solución del óptimo del problema, debido a que esta cota inferior no considera restricciones horarias y demandas por local.
- Rutas con ocupación baja: Muestra todas las rutas que poseen un porcentaje de ocupación menor al 60%, con la finalidad de poder insertar locales de dichas rutas en la segunda iteración descrita en [sección 13.4](#).
- Locales con ocupación baja: Muestra los códigos de locales que pertenecen a rutas con ocupación baja. El objetivo es el mismo que punto anterior.

16.3.4. Implementación de Modelo matemático

Para el caso de la implementación del modelo matemático, éste fue desarrollado en GAMS¹⁷, software especialista en problemas de programación. Los datos de planilla “inpunt.xls” de [sección 14.2](#) son leídos de forma automática por un archivo gams

¹⁷ Página oficial: <http://www.gams.com/>

(“**Modelo.gms**”) en el cual se desarrolla un modelo de programación lineal entero mixta (MIP¹⁸).

A continuación se presenta una gráfica de la forma en que GAMS muestra los resultados:

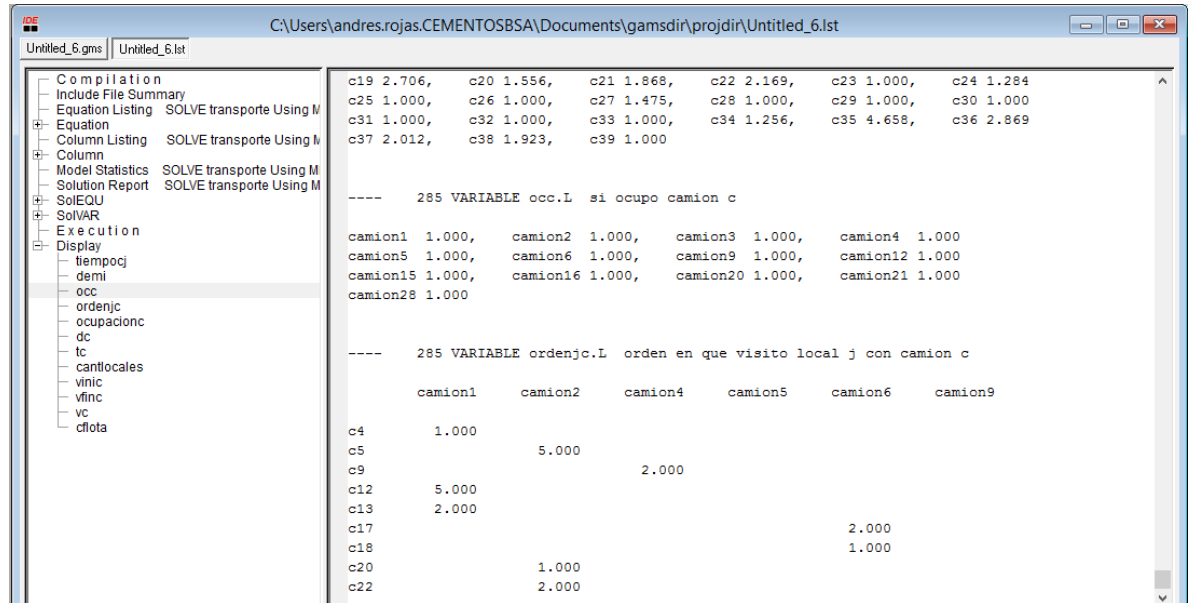


Ilustración 47: Display de resultados de GAMS

Los resultados mostrados en ilustración 47 son extraídos de forma automática al archivo Excel “**resultados.xls**”, la cual se presenta en [sección siguiente](#).

16.3.5. Extracción de datos a Excel

Independiente el método a utilizar (modelo matemático o heurística de ahorros), los datos son extraídos de forma automática a una planilla llamada “**resultados.xls**”, en el cual se imprime para cada ruta, los locales a visitar en su respectivo orden. La finalidad del paso por esta planilla es hacer el link entre el código del local y su posición geográfica, con el objetivo de posteriormente poder graficar las rutas en herramienta Google Maps ([sección 14.5](#)).

A continuación se presenta la planilla en la cual son ingresadas las soluciones propuestas por algoritmo de ahorros:

¹⁸ **MIP**: Modelo de programación lineal donde las variables de decisión son variables de distinta naturales (enteras y reales).

Cálculo de distancia Euclidiana para soluciones propuestas							
Ruta 10				Ruta 26			
Locales	Distancia (i,j)	Distancia CDD	Coordenadas	Locales	Distancia (i,j)	Distancia CDD	Coordenadas
91	2,3	36,2	(-33.597972226	173	5,60354604	31,7	(-33.488198194
134	0,0	0,0	(-33.609240398	181	2,97315018	0,0	(-33.522262643
40	0,5	0,0	(-33.609267204	177	2,79595663	0,0	(-33.535076672
209	0,2	0,0	(-33.611666303	126	0,31558784	0,0	(-33.543603399
92	3,8	0,0	(-33.612117523	76	5,07003171	0,0	(-33.543567631
109	4,6	0,0	(-33.593843471	138		34,1	(-33.567788435
211		40,7	(-33.610151796	442246, -70.54095983		0,0	Sin datos
		0,0	Sin datos			0,0	Sin datos
		0,0	Sin datos			0,0	Sin datos
		0,0	Sin datos			0,0	Sin datos
		0,0	Sin datos			0,0	Sin datos
		0,0	Sin datos			0,0	Sin datos
		0,0	Sin datos			0,0	Sin datos
		0,0	Sin datos			0,0	Sin datos
		0,0	Sin datos			0,0	Sin datos
		0,0	Sin datos			0,0	Sin datos
7	11,4	76,9		6	16,7582724	65,76	
Total km		88,2		Total km		82,5	

Ilustración 48: Planilla Excel de extracción de soluciones propuestas por algoritmo de ahorros. Gráfico de dos rutas

En ilustración 48 se observa la planilla Excel con las soluciones entregadas por el algoritmo de ahorros. En ella se puede ver para cada ruta la distancia del primer y último local a CDD, las distancias entre locales consecutivos para una misma ruta y las posiciones geográficas para cada uno de los locales visitados.

16.3.6. Gráfico de soluciones en Google Maps

En base a las posiciones geográficas obtenidas en planilla “**resultados.xls**” ([sección 14.4](#)), éstas deben ser ingresadas de forma manual a la herramienta Google Maps Engine¹⁹

Una vez finalizado el ingreso de los locales para cada una de las rutas, quedará un mapa como el mostrado a continuación:

¹⁹ Dirección web: <https://mapsengine.google.com/map/>

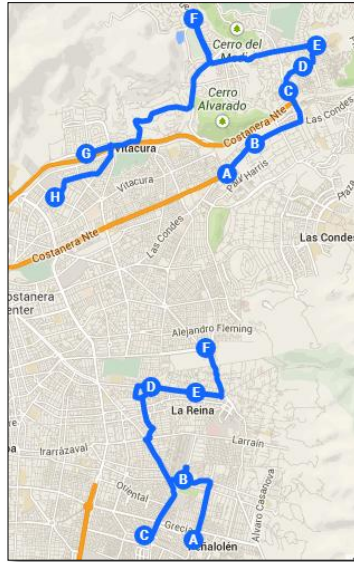


Ilustración 49: Gráfico de soluciones en herramienta Google Maps Engine (display de 2 rutas)

Cada línea azul visualizada en ilustración 49 corresponde a una ruta diferente. Para cada ruta existen letras que comienzan en la A y siguen en orden alfabético, las cuales indican el orden en que es visitado cada local.²⁰

Ahora bien, en un aspecto más operativo, se podría desear conocer en mayor detalle las rutas y los tiempos promedio involucrados en el traslado entre local y local. Para esto, Google Maps tiene una herramienta que permite tener información en detalle para una ruta en específico. A continuación se muestra dicha herramienta:

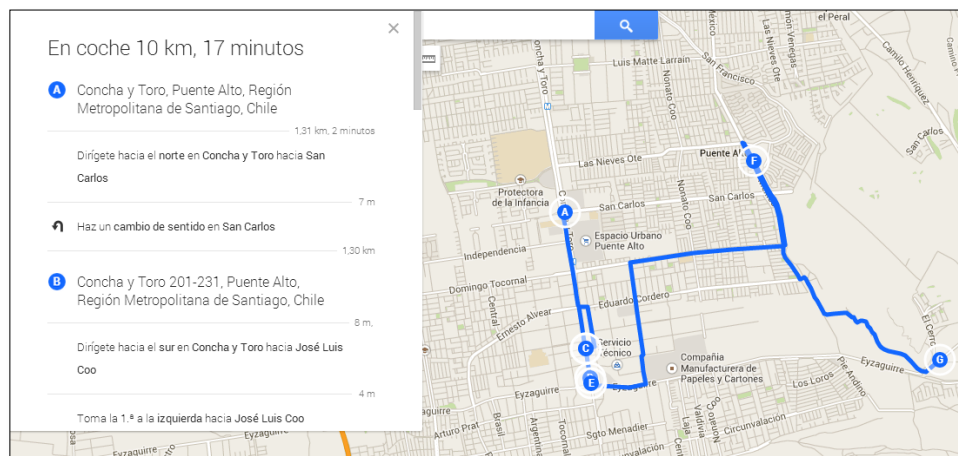


Ilustración 50: Detalle de recorrido para una ruta en particular

²⁰ **Nota:** Las rutas desde CDD hacia primeros locales y desde últimos locales hacia CDD han sido omitidas en la gráfica para poder hacer mayor zoom en el mapa.

Con la visualización de la ilustración 50 se da por finalizada la metodología de implementación, donde se obtiene en detalle un recorrido referencial para cada una de las rutas entregadas por el modelo matemático o la heurística de ahorros.

17. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

- ✓ A través de la implementación de la heurística de ahorros de Clarke and Wright (1° enfoque), se ha logrado disminuir en 68 la cantidad de viajes mensuales que debe realizar la flota para abastecer Región Metropolitana. Esta disminución esta evaluada en \$7,8 MM mensuales, lo que representa un 11,3% del costo variable de transporte de Región Metropolitana.
- ✓ Mediante la implementación de modelo matemático con programación lineal mixta, se ha llegado a una disminución promedio de 24 viajes mensuales para abastecimiento de locales RM. Dicha disminución está evaluada en \$ 2,8 MM mensuales, lo que representa un 4% del costo variable de transporte de Región Metropolitana.
- ✓ De acuerdo al análisis de ambas metodologías, se recomienda la implementación de heurística de ahorros debido a que genera mayores disminuciones en el costo variable de transporte (11,3% mensual la heurística versus sólo un 4% mensual con modelo matemático exacto).
- ✓ Si bien modelo matemático debería entregar mayores ahorros debido a que debería ser capaz de encontrar el óptimo nivel de flota, la diferencia entre los resultados entregados por heurística de ahorros y modelo matemático (11,3% versus 4% respectivamente) se da debido a que dada la gran dimensión del problema (despacho sobre 150 locales todos los días) se hizo necesaria la partición de RM en zonas geográficas para el caso de modelo matemático, partición que fue escogida al azar, pudiendo no ser una partición óptima. Una posible mejora sería la implementación de algún método que otorgue una división eficiente de cara al problema de ruteo (ej: implementación de k-medias).
- ✓ Habiendo implementado ambas metodologías (modelo exacto y heurística de ahorros), para niveles actuales de demanda (volúmenes promedio de despacho abril 2014) se recomienda contar con un nivel de flota de 23 camiones, los que tendrían en promedio una tasa de ocupación de 71,8%.

- ✓ De cara al nivel de servicio, implementación de 2° enfoque de solución para heurística de ahorros permite ver que con un pequeño aumento en el nivel de flota (1 camión día), se logra un aumento del nivel de servicio desde un 42% hasta un 62% de locales abastecidos dentro de su ventana horaria respectiva, ante lo cual se valida el trade off existente entre el nivel de flota (por ende, del costo variable de transporte) y el nivel de servicio entregado a locales.
- ✓ Independiente de la metodología a utilizar por CDD, se recomienda implementar las metodologías desarrolladas con frecuencia al menos mensual, con la finalidad de poder vislumbrar el nivel de flota mínimo requerido para abastecimiento de locales RM a través de los diferentes meses del año de acuerdo a estacionalidades en niveles de venta.
- ✓ Tal como se vio en capítulo 14, mes de abril 2014 es cercano a cota superior del intervalo de confianza al 99%, lo cual indica que un nivel de flota de 23 camiones es suficiente para satisfacer la demanda histórica del mes de abril²¹ con una certeza del 99%. Es decir, el modelo óptimo de contratación sería de 23 camiones fijos.
- ✓ De acuerdo a análisis presentado en [sección 12.1](#), se concluye que actualmente existe un intento por despachar dentro de las ventanas de tiempo para cierto grupo de locales (58%). Sin embargo, el 42% restante presenta atrasos sobre 2 horas, lo que indica que para dicho grupo no se intenta llegar a tiempo con el despacho.
- ✓ Restricciones de ventanas horarias actuales impiden que se puedan obtener tasas de ocupaciones mayores al 75%, por lo que mientras no existan mayores flexibilidades horarias, no podrá optarse a menores niveles de flota.

²¹ En base a datos del mes de abril para años 2008 al 2014.

18. BIBLIOGRAFÍA

- [1] HASLE, G. y KLOSTER, O. 2010. Industrial Vehicle Routing. Noruega, Oslo. SINTEF ICT, Departamento de matemáticas aplicadas.
- [2] ROJAS J, 2010. Heurística basada en covering y generación de columnas dinámico para el problema de ruteo dinámico con ventanas de tiempo. Memoria para optar el título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil Industrial.
- [3] MUÑOZ J, 2006. Un modelo de generación de columnas para el ruteo de camiones en la industria forestal chilena. Memoria para optar el título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil Industrial.
- [4] DUARTE B, 2009. Heurística basa en generación de columnas para el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo y flota homogénea. Memoria para optar el título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil Industrial.
- [5] OLIVERA A, 2004. Heurística para problemas de ruteo de vehículos. Uruguay, Montevideo, Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, Instituto de Computación.
- [6] SAN MARTÍN R, 2001. Heurística para la asignación y despacho de una empresa elaboradora y distribuidora de cervezas. Memoria para optar el título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil Industrial.
- [7] ESTAY E, 2009. Modelo de gestión de abastecimiento para correos de Chile. Memoria para optar el título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de

Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil Industrial.

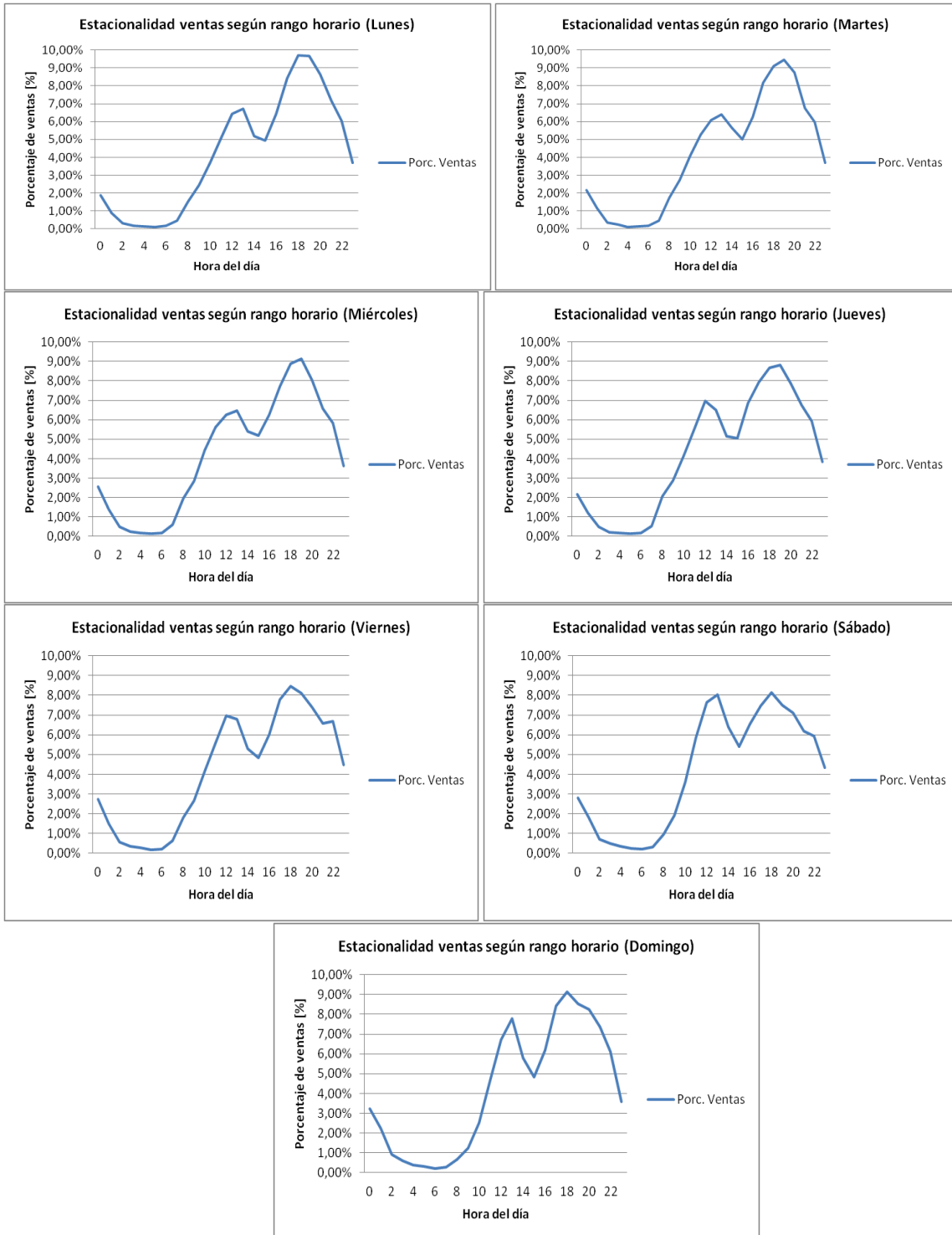
- [8] DOS SANTOS A, et al. 2013. A Comparison Between Optimization Heuristics of the Best Path Problem Applied to S-Route. Brazil, Sao Luis. Federal University of Maranhão.
- [9] Flood, Merrill M. The Traveling Salesman Problem. Operations Research 4:61–75 (1956).

19. ANEXOS

19.1. Cantidad de locales por comuna de Región Metropolitana

Comuna	Cantidad de locales
Las Condes	24
Santiago	22
Ñuñoa	17
Providencia	16
La Florida	15
Maipú	12
Vitacura	11
Puente Alto	10
La Reina	7
San Bernardo	5
Estación Central	5
Peñalolén	5
San Miguel	4
Lo Barnechea	4
Pudahuel	4
Colina	4
Huechuraba	4
Quilicura	3
Talagante	3
Macul	3
La Cisterna	2
Cerrillos	2
Buín	2
Melipilla	2
Recoleta	2
Peñaflor	2
Independencia	1
El Bosque	1
Quinta Normal	1
Conchalí	1
Renca	1
Lo Prado	1
Total general	196

19.2. Estacionalidad diaria por día de la semana



19.3. Detalle de información de locales

Local	Dirección	Ciudad	Distancia a CDD	Coordenadas	zona	Rut	Ventana horaria
1	Ahumada N° 301 / Huérfanos	Santiago C.	20,21	(-33.438693532421, -70.65108060836792)	zona 1	02R	06:00 A 08:00
2	Bilbao N° 4144 L.200 / Jumbo Bilbao	Las Condes	26,85	(-33.43108318669411, -70.57833909988403)	zona 2	24F	07:00 A 09:00
3	Av. Providencia n° 2128 / Lyon	Providencia	24,32	(-33.42256104582794, -70.61101108789444)	zona 2	15F	07:00 A 09:00
4	Portugal N° 155 / Posta Central	Santiago	20,85	(-33.444106544160945, -70.63712775707245)	zona 1	10H F	00:00 A 23:59
5	Av. Kennedy N° 9001 / Mall Alto Las Condes - Jumbo	Las Condes	36,27	(-33.388813483860176, -70.54527819156647)	zona 2	06F	07:00 A 09:00
6	Juan Moya n° 1310 / Av. Grecia	Ñuñoa	27,13	(-33.46700263323403, -70.58863878250122)	zona 3	11H F	00:00 A 23:59
7	Kennedy n° 5413 L.230 / Mall Parque Arauco	Las Condes	32,27	(-33.40197081529164, -70.58053717017174)	zona 2	06F	07:00 A 09:00
8	Teatinos N° 4 / Alameda	Santiago C.	19,8	(-33.44438518706158, -70.6542107462883)	zona 1	04F	06:00 A 08:00
9	Av. V. Mackenna N° 7110 L. 109 (Mall Pza. Vespucio)	La Florida	30,49	(-33.518787704133075, -70.60008376836777)	zona 3	07F	07:00 A 09:00
10	Irarrázaval n° 4221 / Juan Moya	Ñuñoa	28,27	(-33.45335275809384, -70.5731101334095)	zona 3	11H F	00:00 A 23:59
11	Huérfanos N° 896 / Estado	Santiago C.	20,02	(-33.44069897123348, -70.64938545227051)	zona 1	49F	06:00 A 08:00
12	Estado N° 2 / Alameda	Santiago C.	20,17	(-33.44291922441968, -70.64905285835266)	zona 1	19F	06:00 A 08:00
13	Santa Ma. Manquehue N° 6938 Rot. Lo Curro (Unimarc)	Vitacura	30,68	(-33.37884926751322, -70.57733058929443)	zona 2	20F	00:00 A 23:59
14	Las Condes n° 8590 / Hospital Fach	Las Condes	30,7	(-33.395560909880906, -70.54880127310753)	zona 2	11H F	00:00 A 23:59
15	Manquehue Sur n° 31 L.232,194,196 / Apumanque	Las Condes	28,38	(-33.40924226646937, -70.56715965270996)	zona 2	37R	07:00 A 09:00
16	Ramón Freire n° 1790 L.11--12 / Lider	Maipú	17,48	(-33.51031443912862, -70.77791690826416)	zona 4	08F	07:00 A 09:00
17	Huérfanos N° 763 / San Antonio Sabado Cerrado	Santiago C.	20,59	(-33.43934038103091, -70.64814627170563)	zona 1	49F	06:00 A 08:00
18	Av. Providencia N° 3	Providencia	21,16	(-33.43725433291922,	zona	04F	06:00 A

	/ Plaza Italia	ia		-70.63466817140579)	2		08:00
19	Av. Vicuña Mackenna N° 6496 (Par 11) / Barcelona	La Florida	30,36	(-33.51983198945852, -70.59984773397446)	zona 3	07F	00:00 A 23:59
20	Luis Carrera n° 2215/Candelaria Goyenechea	Vitacura	28,78	(-33.3902086965499, -70.58683633804321)	zona 2	20F	00:00 A 23:59
21	Av. El Bosque n° 164 / Lota	Providencia	25,45	(-33.42141260827058, -70.5985951423645)	zona 2	37R	00:00 A 23:59
22	Av. Isabel La Católica n° 6072/Manquehue Sur	Las Condes	28,5	(-33.42532574060294, -70.56460618972778)	zona 2	37R	00:00 A 23:59
23	Av. Larraín n° 6563 / Tobalaba	La Reina	28,69	(-33.45264671019997, -70.56218817830086)	zona 3	11H F	07:00 A 09:00
24	Prat n° 589 / Pza. San Bdo.	San Bernardo	27,95	(-33.59275316133559, -70.70488572120667)	zona 4	14F	06:00 A 08:00
25	Av. Vitacura 8400 / Unimarc Las Tranqueras	Vitacura	29,5	(-33.390011621316255, -70.57043194770813)	zona 2	19F	07:00 A 09:00
26	Av. Providencia n° 2499 / Holanda	Providencia	24,7	(-33.41933508419171, -70.60429215431213)	zona 2	37R	06:00 A 08:00
27	Av. Independencia N°895 / Sto. Dumont	Independencia	20,65	(-33.42035594275266, -70.65599977970123)	zona 1	13F	06:00 A 08:00
28	Carlos Antúnez N°2490/ Holanda Shell	Providencia	24,96	(-33.426749468100745, -70.6018003821373)	zona 2	15F	00:00 A 23:59
29	Av. Salvador N° 89 / Frente Clínica Avansalud	Providencia	22,16	(-33.43475414266178, -70.62610387802124)	zona 2	24F	06:00 A 08:00
30	Av. Cristóbal Colón N° 5090 / Sebastian El Cano	Las Condes	28,61	(-33.41886942542349, -70.57211637496948)	zona 2	40F	00:00 A 23:59
31	Av. Isidora Goyenechea N° 3103 / Augusto Leguia	Las Condes	25,74	(-33.41440076528355, -70.59787631034851)	zona 2	37R	00:00 A 23:59
32	Av. Américo Vespucio n° 1001 L.1029 / Jumbo	Maipú	15,91	(-33.50553737924409, -70.72646141052246)	zona 4	08F	07:00 A 09:00
33	Av. 11 de Septiembre n° 1313 / Esq. M. Montt	Providencia	22,86	(-33.42950731405918, -70.61953783035278)	zona 2	15F	06:00 A 08:00
34	Eyzaguirre n° 715/ Super. San Francisco	Talagante	40	(-33.662951717464665, -70.93124806880951)	zona 4	09F	07:00 A 09:00
35	Ahumada N° 226 / Entre Agustina-Huerfanos	Santiago C.	19,89	(-33.44073254403338, -70.65086603164673)	zona 1	02R	06:00 A 08:00
36	Plaza de Armas 535	Melipilla	62,88	(-33.69896230981149, -70.96882581710815)	zona 4	09F	06:00 A 08:00
37	Av. Apoquindo N° 4831 / Shell -	Las Condes	27,19	(-33.412232397182834,	zona 2	11H F	00:00 A 23:59

	Exterior. Esc. Italiana			-70.5790539085865)			
38	Av. Vitacura n° 8163 Entre Indiana y Las Tranqueras	Vitacura	31,07	(-33.38523688934692, -70.55498242378235)	zona 2	19F	00:00 A 23:59
39	A. Prat N° 117 Sup. San Francisco	San Bernardo	24,62	(-33.54626810889764, -70.65960735082626)	zona 4	14F	07:00 A 09:00
40	Av. Concha y Toro 1149 / Mall Puente Alto-Lider	Puente Alto	37,38	(-33.60926720479428, -70.57590365409851)	zona 4	21F	07:00 A 09:00
41	Bilbao 3785 / Tobalaba (Shell)	Providenc ia	26,68	(- 33.431566687334545, -70.58346748352051)	zona 2	25F	00:00 A 23:59
42	Av. Sucre 3250 / Unimarc Av. España	Ñuñoa	25,75	(-33.44785192228304, -70.59754371643066)	zona 3	40F	07:00 A 09:00
43	Av. Ramón Freire N° 2340 (Av. Los Pajaritos)	Maipú	17,1	(-33.51030996634945, -70.77789008617401)	zona 4	08F	00:00 A 23:59
44	Príncipe de Gales N° 7.230 / Salvador Izquierdo	La Reina	29,32	(-33.4388367795877, - 70.5573320388794)	zona 3	25F	00:00 A 23:59
45	Ruta 68 Km. 18,5 Lo Aguirre / Shell	Pudahuel	3,12	(-33.43717151666946, -70.82405090332031)	zona 1	08F	00:00 A 23:59
46	Luis Pasteur N°5875/ Lo Arcaya	Vitacura	29,15	(-33.38852458469419, -70.57758808135986)	zona 2	20F	00:00 A 23:59
47	Carretera General San Martín n°68 L.3 y 4	Colina	39,67	(-33.20427621336291, -70.67531704902649)	zona 1	13F	07:00 A 09:00
48	Alcalde Luis Araya Cereceda N°1047 Sup. San Fco.	Peñaflor	34,94	(-33.60643913120555, -70.8986645936966)	zona 4	09F	07:00 A 09:00
49	Agustinas N° 2.094 / Brasil Shell	Santiago	18,71	(-33.44217840028807, -70.66518366336823)	zona 1	05F	00:00 A 23:59
50	Av. Pedro de Valdivia N° 2523/Diag. Oriente	Ñuñoa	24,45	(-33.44563627146376, -70.60610800981522)	zona 3	15F	00:00 A 23:59
51	Av. Americo Vespucio N°571/Diag. Oriente	Ñuñoa	28	(- 33.458853244988084, -70.57282447814941)	zona 3	25F	00:00 A 23:59
52	Av. Vic.Mackenna N°9521 Par. 20 / Sta. Amalia	La Florida	30,36	(-33.51925059019053, -70.60029029846191)	zona 3	50F	00:00 A 23:59
53	Estado N° 234 Entre Agustina y Huerfanos	Santiago C.	20,02	(- 33.440206568675684, -70.64940690994263)	zona 1	19F	06:00 A 08:00
54	Av. Francisco Bilbao 2489 / Holanda	Providenc ia	24,42	(-33.43665671118189, -70.59919595718384)	zona 2	04F	06:00 A 08:00
55	Av. Manquehue # 1280 / Las Hualtatas Shell	Vitacura	29,44	(-33.39472338862644, -70.57188034057617)	zona 2	19F	00:00 A 23:59
56	Av. Francisco Bilbao 7391 / Alcalde de la Lastra	La Reina	28,67	(- 33.430554914396666, -70.55532574653625)	zona 3	25F	00:00 A 23:59

57	San Damián N° 20 / Esq. Av. Las Condes N° 11555	Las Condes	34,02	(-33.37628691988529, -70.52544593811035)	zona 2	11H F	00:00 A 23:59
58	Av. Cristóbal Colón 4359 / A. Vespuccio Shell	Las Condes	27,35	(-33.42374080894236, -70.58039903640747)	zona 2	19F	00:00 A 23:59
59	Av. Vicuña Mackenna 106 Shell / Diag. Paraguay	Providenc ia	21,65	(-33.44218511473459, -70.6336784362793)	zona 2	04F	00:00 A 23:59
60	Camino El Alba N° 12351 / Clínica UC Sabado Cerrado	Las Condes	34,07	(- 33.399506556511504, -70.509442538023)	zona 2	06F	00:00 A 23:59
61	Bandera N° 121 / Esq. Moneda. (Mall Patio Centro)	Santiago C.	19,6	(- 33.442140351747966, -70.6519067287445)	zona 1	37R	07:00 A 09:00
62	Paseo Puente N° 602 / Santo Domingo	Santiago C.	19,32	(-33.43422365435522, -70.65168276429176)	zona 1	03R	06:00 A 08:00
63	Av. Vitacura # 3415 / Paul Claudel. Rot. Perez Zujovic	Vitacura	26,43	(- 33.405077629869126, -70.59741497039795)	zona 2	20F	06:00 A 08:00
64	Av. V. Mackenna N° 6100, Loc.102 / Mall Florida Center	La Florida	30,36	(- 33.519814100308544, -70.59986650943756)	zona 3	48F	07:00 A 09:00
65	Av. Francisco Bilbao # 8750 / Padre Hurtado	Las Condes	30,34	(-33.42877309090168, -70.54031610488892)	zona 2	25F	07:00 A 09:00
66	Av. El Rodeo N° 12850 / Mall La Dehesa	Las Condes	38,51	(-33.35108330688256, -70.5064257234335)	zona 2	12F	07:00 A 09:00
67	Valle Nevado N° 11811 / Fco. Bulnes	Las Condes	34,38	(- 33.392121758764986, -70.51555059850216)	zona 2	06F	00:00 A 23:59
68	Av. Los Leones n° 1160 / Eleodoro Yañez	Providenc ia	24,76	(-33.430044546581, - 70.6027901172638)	zona 2	04F	00:00 A 23:59
69	Av. Providencia # 2003 / Pedro de Valdivia	Providenc ia	24,21	(- 33.423566196057706, -70.61241321265697)	zona 2	49F	06:00 A 08:00
70	Av. Apoquindo N° 3449 / Enrique Foster	Las Condes	26,13	(-33.41664855694285, -70.5939120054245)	zona 2	02R	06:00 A 08:00
71	Av. J.P.Alessandri # 2555 / Calle Sorrento	Macul	23,83	(- 33.440108087828776, -70.60701727867126)	zona 3	48F	00:00 A 23:59
72	Av. La Dehesa # 457 / El Roble	Lo Barneche a	36,42	(- 33.363070816555854, -70.51491022109985)	zona 2	12F	00:00 A 23:59
73	Av. Concha y Toro N°494 / Gandarilla	Puente Alto	38,16	(-33.61821099110653, -70.57427287101746)	zona 4	21F	06:00 A 08:00
74	Av. José Miguel Carrera N° 5919	San Miguel	22,6	(-33.50903521486297, -70.6565523147583)	zona 4	10H F	00:00 A 23:59
75	Av. Vicuña Mackenna	La	30,36	(-	zona	48F	07:00 A

	N° 6100 / Mall Florida Center	Florida		33.519814100308544, -70.59986650943756)	3		09:00
76	Av. La Florida N° 9497 Esq. Santa Amalia	La Florida	31,98	(-33.54356763118861, -70.57034611701965)	zona 3	50F	00:00 A 23:59
77	Pio XI N° 1615 / Vitacura	Vitacura	28,15	(-33.39763452403186, -70.58260917663574)	zona 2	20F	00:00 A 23:59
78	Gran Avenida N° 7406 P.20 / Fdez. Albano	La Cisterna	24,17	(-33.52278364853642, -70.66044688224792)	zona 4	24F	00:00 A 23:59
79	Av. Tobalaba N° 11835 / El Arrayan	Peñalolen	30,78	(-33.48079801119493, -70.55809378623962)	zona 3	40F	00:00 A 23:59
80	Av. Camino Los Trapenses 3515 / Mall Los Trapenses	Lo Barnechea	38,02	(-33.34428705645166, -70.54440379142761)	zona 2	12F	00:00 A 23:59
81	Caletera Los Aromos N° 0440 / Supermercado San Fco.	Talagante	37,85	(-33.65672745887463, -70.91089010238647)	zona 4	09F	07:00 A 09:00
82	Av. Cuarto Centenario N° 999 / Rotonda Atenas	Las Condes	30,03	(-33.41771925995201, -70.55342942476273)	zona 2	06F	00:00 A 23:59
83	Campos de Deportes N° 156 / Dublé Almeyda	Ñuñoa	24,85	(-33.45485211173426, -70.6090235710144)	zona 3	25F	00:00 A 23:59
84	Av. Americo Vespucio Norte N° 2515 / Fco. De Aguirre	Vitacura	27,97	(-33.39232722709304, -70.59258699417114)	zona 2	20F	00:00 A 23:59
85	Alameda N° 1583 / Tucapel Jimenez	Santiago	18,19	(-33.4485031785791, -70.67062318325043)	zona 1	05F	06:00 A 08:00
86	Av. Pajarito N° 2040	Maipú	13,44	(-33.48399036839604, -70.7464250922203)	zona 4	08F	06:00 A 08:00
87	Emilia Tellez N° 5593 / Av. Ossa.	Ñuñoa	27,3	(-33.441477856845616, -70.5730926990509)	zona 3	40F	00:00 A 23:59
88	Simon Bolivar 3756 (Esq. Brown Norte)	Ñuñoa	26,06	(-33.44855017626697, -70.59120297431946)	zona 3	25F	00:00 A 23:59
89	Av. J.M.Carrera 5001-5 / San Nicolas P.11	San Miguel	22,45	(-33.49950753020475, -70.65382182598114)	zona 4	#N/ A	00:00 A 23:59
90	Los Militares N° 6872 / Nuestra Sra. Del Rosario	Las Condes	29,59	(-33.401573918724075, -70.56048832833767)	zona 2	06F	00:00 A 23:59
91	Av. Concha y Toro 1477 (Sup.Tottus)	Puente Alto	36,18	(-33.59797222680781, -70.57796359062195)	zona 4	21F	07:00 A 09:00
92	Av. Concha y Toro N° 26, Mall Economax	Puente Alto	37,79	(-33.61211752316099, -70.57531356811523)	zona 4	21F	07:00 A 09:00
93	Av. Tobalaba N° 201 / Jose Antonio Sosa/Providencia	Providencia	25,17	(-33.41937985894166, -70.60006231069565)	zona 2	02R	00:00 A 23:59

94	Pedro Fontova N° 6251	Huechuraba	24,63	(-33.36607709646104, -70.67048907279968)	zona 1	03R	00:00 A 23:59
95	Av. Chicureo El Castillito PC 13	Chicureo	35,23	(-33.28354370373155, -70.64440727233887)	zona 1	13F	00:00 A 23:59
96	Av. Tobalaba N° 11677 / Quilin	Peñalolen	32,52	(-33.499409116721885, -70.56102275848389)	zona 3	40F	00:00 A 23:59
97	Av. Consistorial N° 3349 L-1 / Los Presidentes	Peñalolen	31,78	(-33.478004881789, -70.54431661963463)	zona 3	49F	00:00 A 23:59
98	Alfredo Silva Carvallo N° 1415	Maipú	19,12	(-33.53161119131732, -70.77479481697083)	zona 4	51F	00:00 A 23:59
99	Nataniel N° 620. Sup. San Fco.(Entre Eyzaguirre/10 de Julio)	Santiago	20,04	(-33.453230794605325, -70.65268725156784)	zona 1	10H F	09:00 A 10:00
100	Av. Vitacura N° 6345	Vitacura	29,46	(-33.390219893992956, -70.57079136371613)	zona 2	20F	00:00 A 23:59
101	Av. Alameda N° 4103 / Toro Mazzote	Est. Central	15,68	(-33.45369962579327, -70.68946033716202)	zona 3	05F	09:00 A 10:00
102	San Pablo N° 2310 / R. Cumming	Santiago	17,68	(-33.434942163055354, -70.66926598548889)	zona 1	05F	09:00 A 10:00
103	Walker Martinez N° 1767-C / Av. La Florida	La Florida	32,38	(-33.523311358787545, -70.57888627052307)	zona 3	50F	00:00 A 23:59
104	Camino El Alba N° 11969 / Paseo Los Dominicos	Las Condes	33,59	(-33.401002362089635, -70.51415920257568)	zona 2	06F	07:00 A 09:00
105	Ramon Freire N° 7005 A-1 / Las Torres Mc Donalds	Pudahuel	14,9	(-33.409376606261326, -70.83503723144531)	zona 1	51F	00:00 A 23:59
106	Carr. Gral. San Martin N° 19.000 /Camino Lo Arcaya	Colina	26,13	(-33.33909302589913, -70.69263339042664)	zona 1	13F	00:00 A 23:59
107	Av. Grecia 3015 /Ex. Fernandez	Ñuñoa	25,86	(-33.46466216796833, -70.60012936592102)	zona 3	25F	00:00 A 23:59
108	Av. Vic. Mackenna 4102 / Agricola (Recetario 3301-3308)	Macul	25	(-33.4917414678411, -70.61741352081299)	zona 3	07F	00:00 A 23:59
109	Av. Mexico 1915 Local 1	Puente Alto	38,21	(-33.59384347165599, -70.55938124656677)	zona 4	21F	07:00 A 09:00
110	Pedro Fontova 5801	Huechuraba	24,72	(-33.36525721224256, -70.67057490348816)	zona 1	03R	07:00 A 09:00
111	Av. Santa Maria 4112 - Local 1	Renca	16,41	(-33.4053015401412, -70.7135009765625)	zona 1	13F	07:00 A 09:00
112	Av. Pedro de Valdivia N° 2830 / Sucre	Ñuñoa	24,77	(-33.4543150328132, -70.60375571250916)	zona 3	48F	00:00 A 23:59
113	Paul Harris N° 10285	Las	33,19	(-33.4543150328132, -70.60375571250916)	zona	12F	00:00 A

	/ Estoril	Condes		33.386054345648276, -70.53123347461224)	2		23:59
114	Matucana N° 1202 / Lider / Mapocho	Quinta Normal	17,28	(- 33.433044033713294, -70.68052053451538)	zona 1	05F	07:00 A 09:00
115	Rancagua N° 180 (Lider Seminario)	Providenc ia	21,42	(-33.44105708042931, -70.6305456161499)	zona 2	04F	07:00 A 09:00
116	Av. Grecia 352 / Lider San Eugenio	Ñuñoa	22,97	(-33.45530526948644, -70.62711842358112)	zona 3	49F	07:00 A 09:00
117	Av. Gral Velasquez N° 60 (Lider) / Alameda	Est. Central	18,8	(-33.48231926125545, -70.68691492080688)	zona 3	05F	07:00 A 09:00
118	Av. Irarrazaval N° 2928 / Suecia Lider	Ñuñoa	28,03	(-33.45339303957532, -70.57326436042786)	zona 3	40F	07:00 A 09:00
119	Av. Recoleta N° 3501 / Lider	Recoleta	23,52	(-33.39028931810762, -70.6423956155777)	zona 1	13F	07:00 A 09:00
120	Av. O'Higgins N° 314 / Lider	Quilicura	20,01	(-33.36022125119643, -70.72986245155334)	zona 1	03R	07:00 A 09:00
121	Av. Americo Vespucio N° 1737 / Lider	Huechura ba	23,39	(-33.36799460971377, -70.67755937576294)	zona 1	03R	07:00 A 09:00
122	Av. Independencia N° 4142 / Lider	Conchali	21,36	(-33.38973392363777, -70.67603588104248)	zona 1	13F	07:00 A 09:00
123	Av. J. M. Carrera N° 6150 / Lider	San Miguel	23,77	(-33.51229473939503, -70.65731205046177)	zona 4	#N/ A	00:00 A 23:59
124	Froilan Roa N° 7107 103 Mall Pza. Vespucio / Lider	La Florida	27,61	(- 33.514465078538805, -70.60001134872437)	zona 3	07F	07:00 A 09:00
125	Av. Vicuña Mackenna N° 7196 / Lider	La Florida	30,36	(- 33.519858823176534, -70.59979677200317)	zona 3	50F	07:00 A 09:00
126	Santa Amalia N° 1763 / Lider	La Florida	32,48	(- 33.543603399656746, -70.56514263153076)	zona 3	48F	07:00 A 09:00
127	Av. Americo Vespucio 6325 (Departamental) / Lider	La Florida	28,23	(-33.51196040616639, -70.59082746505737)	zona 3	48F	07:00 A 09:00
128	Av. José P. Alessandri 2127 (Lider Macul / R. De Araya)	Macul	27,1	(-33.47421158509467, -70.59877753257751)	zona 3	07F	07:00 A 09:00
129	Riquelme 69 (Lider Los Morros)	El Bosque	23,67	(- 33.545892550824526, -70.66760301589966)	zona 4	14F	07:00 A 09:00
130	Av. Américo Vespucio 3100 / Lider	Peñalolen	27,66	(-33.45339303957532, -70.57318925857544)	zona 3	40F	07:00 A 09:00
131	Camino El Alba 11865 / Lider Los Dominicos	Las Condes	33,29	(- 33.401269947348354, -70.51748782396317)	zona 2	12F	07:00 A 09:00
132	Av. Tomás Moro N° 1.149 / Tomas Moro (Condes	Las Condes	29,43	(-33.42483325081281, -70.55396519601345)	zona 2	06F	07:00 A 09:00

	Lider)						
133	Av. Pajaritos 2689 / Lider	Maipú	14,95	(-33.50357817169495, -70.75739800930023)	zona 4	51F	07:00 A 09:00
134	Av. Concha y Toro N° 1.149 /Lider	Puente Alto	37,37	(-33.60924039884507, -70.57592511177063)	zona 4	21F	07:00 A 09:00
135	Av. Pajaritos 4.500 / Lider	Maipú	13,75	(-33.48163470203421, -70.74538171291351)	zona 4	51F	07:00 A 09:00
136	San José N° 69 / Lider	San Bernardo	29,31	(-33.59804371866269, -70.69621682167053)	zona 4	14F	07:00 A 09:00
137	Av. Americo Vespucio 2.500 Pza. Oeste (Lider)	Cerrillos	10,16	(-33.46828695347415, -70.7620221376419)	zona 1	51F	07:00 A 09:00
138	Av. Los Toros 5441 / Lider Costado Mall Tobalaba	Puente Alto	34,07	(-33.56778843578727, -70.56948781013489)	zona 4	50F	07:00 A 09:00
139	Av. Bdo. O'higgins 807 / Lider	Talagante	39,29	(-33.66245165019566, -70.92495024204254)	zona 4	09F	07:00 A 09:00
140	Jorge Alessandri 1131 / Lider La Reina	La Reina	30,82	(-33.46262595653219, -70.5473367869854)	zona 3	11H F	07:00 A 09:00
141	Pedro de Valdivia 1885 / Lider	Providenc ia	30,65	(-33.48484268773517, -70.57942271232605)	zona 2	40F	07:00 A 09:00
142	Av. A. Vespucio N° 881/Edo. Castillo Velasco / Lider	Ñuñoa	27,49	(-33.42169915941481, -70.58082818984985)	zona 3	48F	07:00 A 09:00
143	Av. Las Condes N° 10.295 / Lider	Las Condes	32,89	(-33.38410923495827, -70.53398743271828)	zona 2	12F	07:00 A 09:00
144	Av. Las Condes 12916 (Lider Pte. Nuevo)	Lo Barneche a	30,8	(-33.39509624333674, -70.54784506559372)	zona 2	12F	07:00 A 09:00
145	Buenaventura N° 1770 / Lider	Vitacura	30,14	(-33.38641044064742, -70.5683183670044)	zona 2	19F	07:00 A 09:00
146	Av. Alameda N° 5199 / Las Rejas (Lider)	Est. Central	14,24	(-33.45726445019383, -70.70639848709106)	zona 3	51F	07:00 A 09:00
147	Av. Lib. Bdo. O'Higgins 2843 / Libertad (Ekono)	Santiago	18,19	(- 33.448500940593334, -70.67063927650452)	zona 1	05F	07:00 A 09:00
148	Av. Gabriela Oriente N° 02895	Puente Alto	31,09	(-33.58462008402233, -70.6207823753357)	zona 4	50F	00:00 A 23:59
149	Av. P. De Valdivia N° 3774 / J. Dgo. Cañas	Ñuñoa	25,75	(-33.45778808437067, -70.60542941093445)	zona 3	25F	00:00 A 23:59
150	Av. Portugal N° 496 / Sta. Isabel	Santiago	21,33	(-33.4481915385046, - 70.63529044389725)	zona 1	10H F	00:00 A 23:59
151	Av. Recoleta N° 2302 (Sup. Ekono)	Recoleta	23,06	(-33.40597326749488, -70.6430983543396)	zona 1	13F	07:00 A 09:00
152	Av. Eyzaguirre N° 0150 (Sup San Franisco)	Puente Alto	34,74	(-33.61737115455305, -70.61878681182861)	zona 4	21F	07:00 A 09:00
153	Av. Americo Vespucio N° 7310 (S. Tottus)	La Florida	30,17	(-33.52151131693687, -70.5971172451973)	zona 3	07F	07:00 A 09:00

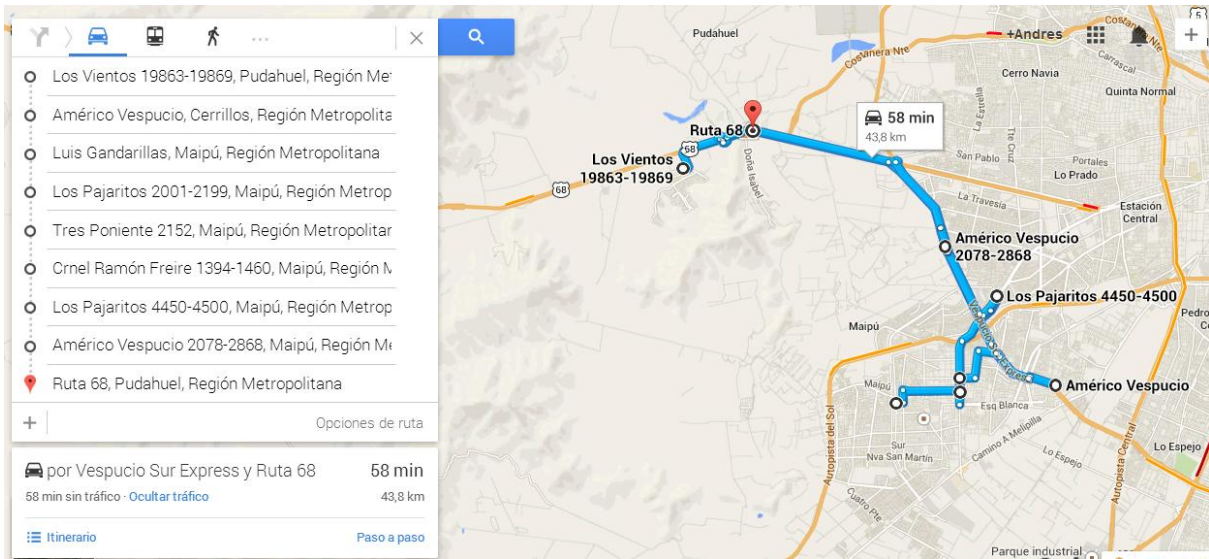
154	Neptuno N° 720 / Lider San Pablo	Lo Prado	12,74	(-33.44417704425652, -70.72341173887253)	zona 4	05F	07:00 A 09:00
155	Calle Paseo Colina Sur N° 14500 Chicureo / Lider	Colina	32,09	(-33.28588007914119, -70.67846596240997)	zona 1	13F	07:00 A 09:00
156	Av. Vicuña Mackenna 153 / Lider	Melipilla	62,11	(-33.69896230981149, -70.96882581710815)	zona 4	09F	07:00 A 09:00
157	Av- Jose Miguel Carrera N° 4293 P.9 / Teresa Vial	San Miguel	23,43	(-33.49333410422884, -70.65211057662964)	zona 4	14F	00:00 A 23:59
158	Santa Isabel N° 1131 / Miguel Claro	Providenc ia	23,14	(- 33.445814756542354, -70.61665311455727)	zona 2	49F	00:00 A 23:59
159	Av. Vic. Mackenna N° 8733 P.18 / Rojas Magallanes	La Florida	30,2	(-33.53506717031201, -70.59327363967896)	zona 3	07F	00:00 A 23:59
160	Av Americo Vespucio 399 / Pajaritos P.14 Mall Arauco Maipu	Maipú	15,91	(- 33.505546325295555, -70.72643995285034)	zona 4	08F	00:00 A 23:59
161	Pedro Fontova N° 7571	Huechura ba	24,73	(-33.36526169250517, -70.67055344581604)	zona 1	03R	00:00 A 23:59
162	La Concepcion N° 135 L-1 / Fco. Antonio Encina	Providenc ia	29,67	(-33.424575811856, - 70.61587661504745)	zona 2	15F	06:00 A 08:00
163	Av. Las Torres N° 450 Valle lo Campino	Quilicura	21,2	(-33.35948644248032, -70.72415471076965)	zona 1	03R	00:00 A 23:59
164	Av. Gladys Marin Millie N° 6475	Est. Central	14,45	(-33.46311375659555, -70.72242468595505)	zona 3	51F	06:00 A 08:00
165	Av. Principe de Gales N° 8481 / Carlos Ossandon	La Reina	30,46	(-33.4404684376566, - 70.54343551397324)	zona 3	11H F	00:00 A 23:59
166	Calle 21 de Mayo N° 4368 Blockbuster	Peñaflor	35,29	(-33.60831112078592, -70.8996033668518)	zona 4	09F	06:00 A 08:00
167	Av. Las Condes N° 14791 L-2 / San Rosendo	Lo Barneche a	37,29	(-33.36383247702666, -70.494225025177)	zona 2	20F	07:00 A 09:00
168	Camino El Alba N° 11969 - Los Dominicos	Las Condes	33,58	(-33.40099340524664, -70.5142879486084)	zona 2	12F	07:00 A 09:00
169	Av. Ossa N° 345 / Estrella Solitaria	La Reina	28,21	(-33.45037411448015, -70.57128489017487)	zona 3	25F	00:00 A 23:59
170	Camino de las Flores N° 20217 (Ciudad de los Valles)	Pudahuel	25,34	(-33.32988283140981, -70.74663162231445)	zona 1	51F	00:00 A 23:59
171	Av. Sur N° 411 / Carmen	Maipú	16,87	(- 33.521030554078926, -70.76195776462555)	zona 4	51F	00:00 A 23:59
172	Eyzaguirre N° 650	San Bernardo	28,22	(-33.59546103780637, -70.70625901222229)	zona 4	14F	06:00 A 08:00
173	Sanchez Fontecilla N° 12000 L-1061 (Sup	Peñalolen	31,69	(- 33.488198194173414,	zona 3	40F	07:00 A 09:00

	Jumbo)			-70.55796504020691)			
174	Av. Alcalde Jose Luis Infante Larrain N° 1541 C. Satelite	Maipú	23,11	(-33.56064762550228, -70.78077346086502)	zona 4	08F	00:00 A 23:59
175	Av. Teniente Cruz N° 570	Pudahuel	11,38	(-33.455966539882816, -70.74222475290298)	zona 1	05F	07:00 A 09:00
176	Av. Simon Bolivar N° 4800	Ñuñoa	26,66	(-33.4482637137741, -70.58095693588257)	zona 3	49F	00:00 A 23:59
177	Rojas Magallanes N° 3638 / Tobalaba	La Florida	34,15	(-33.535076672247214, -70.55197834968567)	zona 3	50F	00:00 A 23:59
178	Av. El Rozal N° 6361	Maipú	11,49	(-33.47910447051266, -70.75590670108795)	zona 4	08F	07:00 A 09:00
179	Av. Am. Vespucio N° 33 L-26 / Gran Avenida	La Cisterna	22,57	(-33.53736157787384, -70.66531240940094)	zona 4	24F	07:00 A 09:00
180	Av. Andres Bello N° 2447 Local 188 Costanera Centel	Providencia	24,63	(-33.41768176038336, -70.60826852917671)	zona 2	15F	07:00 A 09:00
181	Walker Martinez N° 3600 L-1	La Florida	34,33	(-33.52226264330776, -70.55654615163803)	zona 3	50F	00:00 A 23:59
182	Av. Americo Vespucio N° 1501 L-102	Cerrillos	17,47	(-33.51487878976568, -70.71800708770752)	zona 1	51F	00:00 A 23:59
183	Av. Salvador N° 1866 L-1 / Esq Sucre	Ñuñoa	23,17	(-33.45018165164455, -70.62151730060577)	zona 3	04F	06:00 A 08:00
184	Comandante Malbec N° 13.500/506 / Padre Arteaga	Lo Barnechea	38,01	(-33.35672189313402, -70.51048457622528)	zona 2	12F	06:00 A 08:00
185	Av. Larraín N° 5862 L-1092/1096 Mall Plaza Egaña	La Reina	28,03	(-33.453401991013095, -70.57060092687607)	zona 3	11H F	00:00 A 23:59
186	Av. Vic. Mackenna Poniente N° 7410	La Florida	30,24	(-33.522159783535436, -70.59955269098282)	zona 3	50F	06:00 A 08:00
187	Mar Tirreno N° 3349 L-9 (Mall Paseo Quilin)	Peñalolen	30,91	(-33.48584040522997, -70.57697653770447)	zona 3	40F	07:00 A 09:00
188	Av. Americo Vespucio N° 1737, M 176 (Mall Plaza Norte)	Huechuraba	23,39	(-33.36796772897893, -70.67755401134491)	zona 1	03R	07:00 A 09:00
189	Av Vicuña Mackenna N° 3361 (Int. Lider)	San Joaquín	25,93	(-33.48357650952404, -70.62071800231934)	zona 4	07F	07:00 A 09:00
190	Av. Santa Maria N° 6922	Vitacura	31,5	(-33.376990229111314, -70.5687689781189)	zona 2	20F	06:00 A 08:00
191	Av. El Bosque Norte N° 0134	Las Condes	25,35	(-33.415905269725194, -70.60069799423218)	zona 2	15F	06:00 A 08:00

192	Av. Andres Bello N° 2447 Local 1109 / Full Soze GNC C. Centel	Providencia	24,63	(-33.41768176038336, -70.60826852917671)	zona 2	15F	07:00 A 09:00
193	Pfo XI N° 1615/Luis Pasteur, Vitacura	Vitacura	28,11	(-33.39742850842493, -70.58274865150452)	zona 2	20F	00:00 A 23:59
194	Av. La Dehesa N° 1145 L-6624	Lo Barnechea	37,24	(-33.361068065741165, -70.51571488380432)	zona 2	#N/ A	00:00 A 23:59
195	Av. Portales N° 3698 (Jumbo L-1236)	San Bernardo	32,83	(-33.63644414734842, -70.707106590271)	zona 4	14F	07:00 A 09:00
196	Av. Jorge Alessandri N° 20040	San Bernardo	33,3	(-33.629262120212324, -70.71336150169373)	zona 4	14F	00:00 A 23:59
197	Camilo Henriquez N° 3692	Puente Alto	36,18	(-33.57448841495366, -70.55482685565948)	zona 4	50F	07:00 A 09:00
198	Av. Larraín N° 5862 L-1092/1096 Mall Plaza Egaña	La Reina	28,03	(-33.453401991013095, -70.57060092687607)	zona 3	11H F	00:00 A 23:59
199	Av. Vicuña Mackenna N° 1048 L-1470	Santiago	22,74	(-33.454878965593, -70.62992334365845)	zona 1	04F	00:00 A 23:59
200	Exposicion N° 51, Mall Arauco Estacion	Est. Central	16,93	(-33.451710152856045, -70.67787051200867)	zona 3	#N/ A	00:00 A 23:59
201	Av. Gabriela N° 02541	La Pintana	30,38	(-33.58573731039647, -70.62839984893799)	zona 4	21F	00:00 A 23:59
202	Huerfanos N° 896 L-17	Santiago C.	20,95	(-33.43945229206578, -70.64910382032394)	zona 1	#N/ A	06:00 A 08:00
203	Huerfanos N° 811	Santiago C.	20	(-33.43953062970431, -70.64983069896698)	zona 1	49F	06:00 A 08:00
204	Estado N° 380	Santiago C.	20,34	(-33.438362272442205, -70.6496912240982)	zona 1	49F	00:00 A 23:59
205	Av. Americo Vespucio N° 1501 L-270/274	Cerrillos	17,46	(-33.51487431722246, -70.71800708770752)	zona 1	51F	00:00 A 23:59
206	Av. Geronimo de Alderete N° 291	Vitacura	30,45	(-33.390871582693144, -70.56331872940063)	zona 2	#N/ A	00:00 A 23:59
207	Camino Chicureo N° 130	Colina	35,31	(-33.306895676446565, -70.6541919708252)	zona 1	#N/ A	00:00 A 23:59
208	Av. Jose Pedro Alessandri N° 1166 L-4014	Ñuñoa	26,44	(-33.46531553556745, -70.59784412384033)	zona 3	#N/ A	00:00 A 23:59
209	Av. Concha y Toro N° 60	Puente Alto	37,58	(-33.61166630349172, -70.57550132274628)	zona 4	21F	06:00 A 08:00
210	Puente N° 764	Santiago C.	19,32	(-33.43422365435522, -70.65168276429176)	zona 1	03R	06:00 A 08:00
211	Eyzaguirre N° 578 / 580	San Bernardo	40,68	(-33.610151796442246,	zona 4	14F	00:00 A 23:59

				-70.54095983505249)			
212	Av. Pajaritos N° 1790 L-2024	Maipú	15,66	(-33.50740484743721, -70.75723439455032)	zona 4	08F	07:00 A 09:00
213	San Francisco de Borja N° 122	Est. Central	16,72	(-33.45303050556854, -70.68037301301956)	zona 3	05F	07:00 A 09:00
214	Estado N° 378	Santiago C.	20,34	(-33.43834436646138, -70.64969658851624)	zona 1	19F	06:00 A 08:00
215	Av. Recoleta N° 2302 - 2304	Recoleta	25,29	(-33.40550305889266, -70.64314126968384)	zona 1	13F	06:00 A 08:00
216	Av. Lib. Bdo. O'Higgins 915	Santiago C.	20,18	(-33.44339818287776, -70.64910113811493)	zona 1	19F	06:00 A 08:00
217	Av. Lib. Bdo. O'Higgins 980 (L1-2-40) Sabado cerrado	Santiago C.	18	(-33.45240390000795, -70.68509638309479)	zona 1	19F	06:00 A 08:00
218	Calle 4 Poniente N° 01221	Maipú	14,67	(-33.50501403362353, -70.74563384056091)	zona 4	08F	00:00 A 23:59
219	Av. Americo Vespucio N° 51 L-113 (SISA Pajarito)	Maipu	15,28	(-33.487607634467125, -70.74921190738678)	zona 4	#N/ A	00:00 A 23:59

19.4. Gráfico de soluciones propuestas



19.5. Distribución de locales por comuna y zona geográfica

Comunas por Zona	Cantidad Locales
zona1	50
Cerrillos	3
Chicureo	1
Colina	4
Conchali	1
Huechuraba	5
Independencia	1
Pudahuel	4
Quilicura	2
Quinta Normal	1
Recoleta	3
Renca	1
Santiago	8
Santiago C.	16
zona2	64
Las Condes	25
Lo Barnechea	6
Providencia	19
Vitacura	14
zona3	56
Est. Central	6
La Florida	16
La Reina	8
Macul	3
Ñuñoa	17
Peñalolen	6

zona4	49
El Bosque	1
La Cisterna	2
La Pintana	1
Lo Prado	1
Maipu	1
Maipú	13
Melipilla	2
Peñaflor	2
Puente Alto	11
San Bernardo	7
San Joaquin	1
San Miguel	4
Talagante	3
Total general	219

19.6. Locales a abastecer por día de la semana

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
7	6	7	6	7	6
8	7	8	7	8	7
9	8	9	8	9	8
10	9	10	9	10	9
11	10	11	10	11	10
13	11	12	11	12	11
14	12	13	12	13	12
15	13	14	13	14	13
16	14	15	14	15	14
17	15	16	15	16	15
20	16	17	16	18	16
21	17	18	17	20	17
23	18	21	18	21	18
24	19	22	19	23	19
25	20	23	20	24	20
26	21	24	21	25	21
28	22	26	22	26	22
29	23	27	23	29	23
30	24	29	24	30	24

31	25	30	25	31	25
32	26	31	26	32	26
33	27	32	27	33	27
34	28	33	29	35	28
35	29	35	30	36	29
36	30	36	31	37	30
37	31	37	32	38	31
38	32	38	33	40	32
39	33	40	34	41	33
40	34	41	35	42	34
41	35	42	36	43	35
42	36	43	37	44	36
43	37	44	38	45	37
44	39	45	39	46	39
45	40	46	40	47	40
46	41	47	41	49	41
47	43	50	43	50	42
48	44	51	44	51	43
49	45	52	45	52	44
50	46	53	46	53	45
51	47	54	47	54	46
52	48	56	48	56	47
53	49	57	49	57	48
54	50	58	50	58	49
55	52	59	51	59	50
56	53	60	53	60	52
57	54	61	54	61	53
58	55	62	55	62	54
59	56	63	56	63	55
61	57	64	57	64	56
62	59	65	58	65	57
63	60	66	59	66	59
64	61	67	60	68	60
65	62	68	61	69	61
66	63	69	62	70	62
68	65	70	63	71	63
69	66	71	65	72	64
70	67	72	66	74	65
71	68	74	67	75	66
72	69	75	68	76	67
74	70	76	69	77	68
75	71	77	70	78	69
76	72	78	71	80	70

77	73	79	72	83	71
78	74	80	73	84	72
80	75	82	74	85	73
81	76	83	75	87	74
83	77	84	76	89	75
84	78	85	77	90	76
87	79	86	78	93	77
88	80	87	79	94	78
89	81	88	80	95	79
90	82	89	81	97	80
91	83	90	82	98	81
92	84	93	83	100	82
94	85	94	84	101	83
95	86	95	85	102	84
97	87	96	86	103	85
98	88	97	87	104	86
100	89	98	88	105	87
101	90	100	89	106	88
102	91	101	90	108	89
104	92	102	91	109	90
105	93	103	92	110	91
106	94	104	93	111	92
108	95	105	94	113	93
109	96	106	95	114	94
110	97	107	96	115	95
111	98	108	97	116	96
113	99	109	98	117	97
114	100	110	99	118	98
115	102	111	100	119	99
116	103	112	101	120	100
117	104	113	102	121	102
118	105	114	103	122	103
119	107	115	104	123	104
120	108	116	105	124	105
121	112	117	106	125	107
122	113	118	107	126	108
123	123	119	108	128	112
124	126	120	111	129	113
125	127	121	112	130	118
126	130	122	113	131	123
128	131	123	123	132	126
129	133	124	124	134	127
130	135	125	126	136	130

131	136	126	127	138	131
132	137	127	130	140	132
133	138	128	131	141	133
134	139	129	133	143	135
135	142	131	134	144	136
136	145	132	135	145	137
137	148	134	136	146	138
138	149	138	137	147	139
139	150	140	138	149	140
140	151	141	139	150	142
141	153	143	140	152	143
142	154	144	142	154	145
143	155	145	145	156	148
144	156	146	148	157	149
145	157	147	149	159	150
146	158	148	150	160	151
147	160	149	151	161	153
149	161	150	153	165	154
150	162	151	154	168	155
152	163	152	155	173	156
154	164	153	156	174	157
155	165	154	157	177	158
157	166	157	158	180	160
159	167	158	160	181	161
160	168	159	161	184	162
161	169	160	162	187	163
165	170	161	163	189	164
168	171	162	164	192	165
173	172	163	165	195	166
174	173	164	166	197	167
177	174	165	167	209	168
180	175	166	168	210	169
181	176	168	169	211	170
184	177	169	170	212	171
187	178	170	171	213	172
192	179	173	172		173
195	180	174	173		174
209	181	175	174		175
210	183	176	175		176
211	184	177	176		177
212	186	178	177		178
213	187	179	178		179
217	189	180	179		180

	191	181	180		183
	192	183	183		184
	197	184	184		186
	199	189	186		187
	209	191	187		191
	210	192	191		192
	211	195	192		197
	212	197	197		199
	213	209	199		209
	217	210	209		210
	218	211	210		211
		212	211		212
		213	212		213
		217	213		217
			217		218
			218		

19.7. Resultados análisis de sensibilidad en rigidez de ventanas de tiempo (sección 12.2)

19.7.1. Restricción dura

N° Ruta	Ruta	Cantidad de Locales	Total Volumen [m3]	Tasa ocupación [%]	Total Distancia (aprox.) [km]	Separación [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD
1	0-73-92-134-0	3	4,38	21,9	76	0,04	10:22:30
2	0-211-109-197-0	3	3,61	18,05	83	0,04	10:35:37
3	0-48-166-0	2	2	10	69	0,03	9:39:22
4	0-168-60-104-0	3	4,08	20,4	66	0,05	10:03:45
5	0-131-67-167-57-0	4	8,22	41,1	79	0,05	10:58:07
6	0-181-177-126-76-103-159-0	6	9,79	48,95	75	0,08	11:50:37
7	0-209-40-91-148-201-0	5	7,07	35,35	77	0,06	11:24:22
8	0-184-66-194-72-80-206-100-0	7	14,48	72,4	83	0,08	12:35:37
9	0-143-38-5-113-14-90-0	6	11,62	58,1	71	0,08	11:43:07
10	0-152-138-0	2	2	10	79	0,03	9:58:07
11	0-127-96-173-79-97-0	5	7,5	37,5	69	0,07	11:09:22
12	0-136-196-195-0	3	3	15	68	0,04	10:07:30
13	0-144-82-132-56-0	4	5,22	26,1	63	0,06	10:28:07
14	0-145-190-13-46-	6	10,47	52,35	62	0,1	11:26:15

	84-20-0						
15	0-169-44-165-65-0	4	6,51	32,55	62	0,06	10:26:15
16	0-51-140-23-0	3	4,87	24,35	61	0,05	9:54:22
17	0-25-55-7-77-193-37-0	6	12,94	64,7	60	0,1	11:22:30
18	0-185-198-10-118-176-0	5	7,83	39,15	55	0,09	10:43:07
19	0-191-70-21-31-0	4	8,76	43,8	51	0,08	10:05:37
20	0-63-142-58-15-30-22-87-0	7	15,55	77,75	63	0,11	11:58:07
21	0-128-6-141-187-208-107-149-112-0	8	9,19	45,95	62	0,13	12:26:15
22	0-162-69-192-3-0	4	7,64	38,2	53	0,08	10:09:22
23	0-130-88-42-50-83-0	5	9,58	47,9	56	0,09	10:45:00
24	0-180-26-2-41-93-28-68-0	7	15,69	78,45	55	0,13	11:43:07
25	0-71-54-0	2	6,15	30,75	48	0,04	9:00:00
26	0-124-125-64-75-19-78-74-123-0	8	18,37	91,85	60	0,13	12:22:30
27	0-119-215-151-0	3	4,01	20,05	49	0,06	9:31:52
28	0-186-9-52-153-89-0	5	12,36	61,8	61	0,08	10:54:22
29	0-150-199-116-189-108-157-0	6	10,91	54,55	54	0,11	11:11:15
30	0-29-33-59-115-0	4	6,73	33,65	45	0,09	9:54:22
31	0-122-121-188-110-161-94-0	6	8,52	42,6	51	0,12	11:05:37
32	0-18-183-158-4-0	4	9,53	47,65	46	0,09	9:56:15
33	0-11-202-204-61-0	4	6,98	34,9	39	0,1	9:43:07
34	0-62-53-0	2	5,88	29,4	39	0,05	8:43:07
35	0-203-216-99-0	3	3,96	19,8	41	0,07	9:16:52
36	0-35-210-0	2	10,37	51,85	38	0,05	8:41:15
37	0-17-12-102-0	3	4,51	22,55	40	0,08	9:15:00
38	0-8-85-147-213-0	4	8,47	42,35	38	0,11	9:41:15
39	0-114-27-0	2	2,25	11,25	41	0,05	8:46:52
40	0-172-24-174-98-171-0	5	9,77	48,85	65	0,08	11:01:52
41	0-117-217-200-0	3	3,11	15,55	39	0,08	9:13:07
42	0-179-39-129-205-182-0	5	5,09	25,45	50	0,1	10:33:45
43	0-1-214-49-101-0	4	7,78	38,9	41	0,1	9:46:52
44	0-120-163-111-0	3	4,93	24,65	45	0,07	9:24:22
45	0-43-16-212-133-218-0	5	8,79	43,95	37	0,14	10:09:22
46	0-86-135-160-32-0	4	6,65	33,25	33	0,12	9:31:52

47	0-146-164-154-175-0	4	5,31	26,55	33	0,12	9:31:52
48	0-137-178-0	2	2,17	10,85	23	0,09	8:13:07
49	0-47-155-207-95-106-170-105-0	7	11,3	56,5	120	0,06	13:45:00
50	0-139-34-81-219-45-0	5	8,58	42,9	59	0,08	10:50:37

19.7.2. Holgura de 1 hora

N° Ruta	Ruta	Cantidad de Locales	Total Volumen [m3]	Tasa ocupación [%]	Total Distancia (aprox.) [km]	Separación [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD
1	0-168-60-104-131-67-0	5	6,69	33,45	68	0,07	11:07:30
2	0-72-194-184-66-167-80-57-0	7	16,47	82,35	89	0,08	12:46:52
3	0-48-166-139-81-0	4	4	20	82	0,05	11:03:45
4	0-91-209-40-138-197-0	5	7,07	35,35	82	0,06	11:33:45
5	0-206-38-5-113-143-0	5	7,28	36,4	66	0,08	11:03:45
6	0-159-103-181-177-126-76-0	6	9,79	48,95	72	0,08	11:45:00
7	0-155-207-95-47-0	4	5,73	28,65	96	0,04	11:30:00
8	0-92-134-73-211-109-148-201-0	7	8,99	44,95	88	0,08	12:45:00
9	0-140-23-44-165-65-0	5	8,49	42,45	66	0,08	11:03:45
10	0-100-25-145-190-13-46-84-20-0	8	14,09	70,45	61	0,13	12:24:22
11	0-125-64-186-75-19-124-0	6	8,02	40,1	58	0,1	11:18:45
12	0-172-24-136-196-195-0	5	7,25	36,25	69	0,07	11:09:22
13	0-6-141-187-96-173-79-97-0	7	9,5	47,5	71	0,1	12:13:07
14	0-90-14-144-55-7-77-193-37-0	8	18,28	91,4	63	0,13	12:28:07
15	0-169-185-198-10-118-130-51-176-88-0	9	13,88	69,4	59	0,15	12:50:37
16	0-63-191-70-21-31-93-28-68-0	8	18,37	91,85	55	0,15	12:13:07
17	0-83-50-42-112-149-128-208-107-0	8	12,61	63,05	56	0,14	12:15:00
18	0-54-2-41-142-58-15-0	6	9,9	49,5	58	0,1	11:18:45

19	0-22-30-82-132-56-87-71-0	7	17,05	85,25	63	0,11	11:58:07
20	0-127-9-52-153-189-108-157-0	7	13,41	67,05	65	0,11	12:01:52
21	0-150-199-116-183-158-0	5	7,17	35,85	46	0,11	10:26:15
22	0-192-162-69-18-59-4-0	6	13,24	66,2	50	0,12	11:03:45
23	0-17-12-216-203-99-147-200-0	7	8,11	40,55	40	0,18	11:15:00
24	0-8-61-53-35-102-0	5	18,75	93,75	39	0,13	10:13:07
25	0-117-89-74-123-78-182-0	6	18,64	93,2	53	0,11	11:09:22
26	0-205-179-39-129-152-0	5	5,09	25,45	77	0,06	11:24:22
27	0-11-202-1-214-204-49-101-0	7	11,26	56,3	41	0,17	11:16:52
28	0-34-36-156-219-160-0	5	9,03	45,15	69	0,07	11:09:22
29	0-114-62-210-85-213-146-0	6	12,97	64,85	44	0,14	10:52:30
30	0-119-215-151-27-120-163-0	6	8,69	43,45	67	0,09	11:35:37
31	0-217-115-29-33-154-0	5	7,54	37,7	54	0,09	10:41:15
32	0-111-122-121-188-110-161-94-106-170-105-0	10	15,59	77,95	76	0,13	13:52:30
33	0-164-135-32-86-178-137-0	6	8,19	40,95	42	0,14	10:48:45
34	0-180-3-26-175-0	4	9,57	47,85	57	0,07	10:16:52
35	0-218-133-212-16-171-98-174-43-45-0	9	17,38	86,9	57	0,16	12:46:52

19.7.3. Holgura de 2 horas

N° Ruta	Ruta	Cantidad de Locales	Total Volumen [m3]	Tasa ocupación [%]	Total Distancia (aprox.) [km]	Separación [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD
1	0-92-134-73-211-109-197-0	6	7,99	39,95	87	0,07	12:13:07
2	0-190-80-72-194-184-66-167-57-0	8	17,47	87,35	87	0,09	13:13:07
3	0-159-103-181-177-126-76-138-0	7	10,79	53,95	79	0,09	12:28:07
4	0-91-209-40-152-148-201-0	6	8,07	40,35	82	0,07	12:03:45
5	0-141-187-96-173-	7	9,56	47,8	73	0,1	12:16:52

	79-97-140-0						
6	0-100-145-13-46-55-7-77-193-0	8	18,11	90,55	61	0,13	12:24:22
7	0-22-30-82-132-56-0	5	11,09	55,45	60	0,08	10:52:30
8	0-168-60-104-131-67-14-144-90-84-20-0	10	17,01	85,05	73	0,14	13:46:52
9	0-128-6-51-185-198-10-118-130-176-88-0	10	14,85	74,25	60	0,17	13:22:30
10	0-2-41-93-21-31-63-0	6	13,96	69,8	55	0,11	11:13:07
11	0-68-28-191-70-37-142-58-15-0	8	13,97	69,85	59	0,14	12:20:37
12	0-42-87-169-23-44-165-65-0	7	11,55	57,75	65	0,11	12:01:52
13	0-180-192-162-69-3-26-0	6	12,69	63,45	49	0,12	11:01:52
14	0-125-64-186-75-19-9-52-153-157-0	9	15,38	76,9	63	0,14	12:58:07
15	0-163-106-155-207-95-47-0	6	9,04	45,2	101	0,06	12:39:22
16	0-62-18-59-115-29-33-0	6	9,61	48,05	43	0,14	10:50:37
17	0-210-4-150-199-116-183-158-0	7	17,87	89,35	47	0,15	11:28:07
18	0-98-174-172-24-136-196-195-0	7	11,77	58,85	78	0,09	12:26:15
19	0-49-8-61-189-108-127-124-0	7	14,06	70,3	63	0,11	11:58:07
20	0-117-89-74-123-78-182-0	6	18,64	93,2	53	0,11	11:09:22
21	0-85-71-54-50-83-112-149-208-107-0	9	18,63	93,15	58	0,16	12:48:45
22	0-35-17-12-216-203-99-147-213-200-101-0	10	18,09	90,45	40	0,25	12:45:00
23	0-217-25-206-38-5-113-143-0	7	9,28	46,4	75	0,09	12:20:37
24	0-11-202-1-214-204-53-146-154-0	8	14,7	73,5	44	0,18	11:52:30
25	0-179-39-129-205-160-135-137-0	7	8,17	40,85	52	0,13	11:37:30
26	0-43-16-171-212-133-218-32-178-0	8	12,36	61,8	43	0,19	11:50:37
27	0-170-120-111-164-0	4	5,69	28,45	63	0,06	10:28:07
28	0-119-215-151-27-102-175-0	6	9,03	45,15	55	0,11	11:13:07

29	0-48-166-86-0	3	4,17	20,85	80	0,04	10:30:00
30	0-114-122-121-188-110-161-94-105-0	8	12,3	61,5	71	0,11	12:43:07
31	0-81-139-34-36-156-219-45-0	7	12,19	60,95	66	0,11	12:03:45

19.7.4. Holgura de 3 horas

N° Ruta	Ruta	Cantidad de Locales	Total Volumen [m3]	Tasa ocupación [%]	Total Distancia (aprox.) [km]	Separación [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD
1	0-152-92-134-73-211-109-197-138-0	8	9,99	49,95	91	0,09	13:20:37
2	0-206-38-5-113-143-168-60-104-131-67-0	10	13,97	69,85	73	0,14	13:46:52
3	0-145-190-80-72-194-184-66-167-57-0	9	18,48	92,4	87	0,1	13:43:07
4	0-91-209-40-148-201-0	5	7,07	35,35	77	0,06	11:24:22
5	0-127-9-52-153-103-181-177-126-76-159-0	10	16,97	84,85	74	0,14	13:48:45
6	0-84-20-13-46-55-7-77-193-0	8	18,46	92,3	60	0,13	12:22:30
7	0-22-30-82-132-56-0	5	11,09	55,45	60	0,08	10:52:30
8	0-6-141-187-96-173-79-97-140-23-176-0	10	14,09	70,45	73	0,14	13:46:52
9	0-100-25-90-14-144-15-37-142-58-93-28-0	11	17,88	89,4	68	0,16	14:07:30
10	0-51-185-198-10-118-130-88-42-50-83-0	10	17,69	88,45	58	0,17	13:18:45
11	0-71-54-2-41-87-169-44-165-65-0	9	18,97	94,85	64	0,14	13:00:00
12	0-110-161-94-106-155-207-95-47-0	8	12,52	62,6	103	0,08	13:43:07
13	0-189-108-125-64-186-75-19-124-157-0	9	14,25	71,25	65	0,14	13:01:52
14	0-210-150-199-116-183-158-112-149-128-208-107-0	11	18,02	90,1	55	0,2	13:43:07
15	0-213-200-217-	10	18,04	90,2	44	0,23	12:52:30

	147-85-99-4-18-59-115-0						
16	0-117-89-74-123-78-182-0	6	18,64	93,2	53	0,11	11:09:22
17	0-114-61-203-204-53-35-62-0	7	18,09	90,45	40	0,18	11:15:00
18	0-205-179-39-129-172-24-136-196-195-0	9	11,34	56,7	79	0,11	13:28:07
19	0-11-202-1-214-17-12-216-8-49-101-0	10	17,51	87,55	40	0,25	12:45:00
20	0-122-121-188-119-215-151-27-111-0	8	9,76	48,8	62	0,13	12:26:15
21	0-133-212-43-16-171-98-174-218-32-160-0	10	17,79	88,95	58	0,17	13:18:45
22	0-29-33-180-192-162-69-68-146-0	8	16,63	83,15	58	0,14	12:18:45
23	0-102-120-163-170-105-0	5	10,09	50,45	75	0,07	11:20:37
24	0-3-26-191-70-21-31-63-154-0	8	18,53	92,65	59	0,14	12:20:37
25	0-175-137-178-86-135-164-0	6	8,03	40,15	37	0,16	10:39:22
26	0-48-166-81-139-34-36-156-219-45-0	9	14,19	70,95	71	0,13	13:13:07

19.8. Resultados para 1° enfoque de solución heurística de ahorros

19.8.1. Resultados Martes

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-81-139-34-36-156-0	5	6,61	33%	111	0,05	12:28:07	5:58:07
0-13-80-72-66-184-167-0	6	12,25	61%	85	0,07	12:09:22	5:39:22
0-131-168-60-104-67-5-113-57-14-0	9	17,54	88%	76	0,12	13:22:30	6:52:30
0-84-46-55-7-145-100-25-0	7	17,05	85%	62	0,11	11:56:15	5:26:15
0-20-77-90-15-30-22-142-37-0	8	18,23	91%	68	0,12	12:37:30	6:07:30
0-176-23-130-97-173-79-187-6-107-	10	15,22	76%	73	0,14	13:46:52	7:16:52

149-0							
0-56-82-65-165-44-169-10-87-88-112-0	10	18,23	91%	68	0,15	13:37:30	7:07:30
0-26-3-180-2-41-28-68-0	7	17,3	87%	55	0,13	11:43:07	5:13:07
0-89-123-74-78-39-179-0	6	18,62	93%	51	0,12	11:05:37	4:35:37
0-33-29-69-162-70-191-21-93-0	8	16,22	81%	53	0,15	12:09:22	5:39:22
0-71-54-50-83-158-183-199-150-0	8	17,74	89%	50	0,16	12:03:45	5:33:45
0-61-4-59-18-62-210-0	6	18,75	94%	42	0,14	10:48:45	4:18:45
0-47-95-155-170-163-161-94-0	7	12,81	64%	110	0,06	13:26:15	6:56:15
0-157-108-189-99-8-49-0	6	11,78	59%	55	0,11	11:13:07	4:43:07
0-171-98-174-24-172-136-160-0	7	12,68	63%	71	0,1	12:13:07	5:43:07
0-211-209-40-92-73-91-148-218-0	8	11,3	57%	93	0,09	13:24:22	6:54:22
0-137-212-138-197-76-126-177-181-96-0	9	12,53	63%	96	0,09	14:00:00	7:30:00
0-133-127-19-186-75-9-153-52-103-0	9	14,58	73%	79	0,11	13:28:07	6:58:07
0-154-164-213-85-217-102-175-0	7	11,82	59%	50	0,14	11:33:45	5:03:45
0-53-11-12-17-1-35-135-0	7	16,07	80%	50	0,14	11:33:45	5:03:45
0-86-32-16-166-48-43-105-0	7	13,54	68%	112	0,06	13:30:00	7:00:00
0-151-63-31-192-27-178-45-0	7	12,14	61%	73	0,1	12:16:52	5:46:52
Promedio	7,5	14,7	73%	72,0	0,1	12:28:33	5:58:33

19.8.2. Resultados Miércoles

Ruta	Locales	Volumen [m ³]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-40-134-209-109-211-197-0	6	9,44	47%	86	0,07	12:11:15	5:41:15
0-159-103-181-177-126-76-138-0	7	10,79	54%	79	0,09	12:28:07	5:58:07
0-144-38-80-66-184-72-57-0	7	16,48	82%	83	0,08	12:35:37	6:05:37
0-168-60-104-67-131-143-5-113-14-90-0	10	17,3	87%	75	0,13	13:50:37	7:20:37

0-23-140-79-97-173-96-127-0	7	10,51	53%	72	0,1	12:15:00	5:45:00
0-30-22-56-132-82-65-165-44-169-0	9	17,6	88%	66	0,14	13:03:45	6:33:45
0-69-162-180-192-3-26-68-0	7	16,53	83%	49	0,14	11:31:52	5:01:52
0-54-41-2-87-118-10-51-176-88-0	9	18,44	92%	61	0,15	12:54:22	6:24:22
0-83-149-128-141-107-112-42-50-71-0	9	16,48	82%	62	0,15	12:56:15	6:26:15
0-89-125-75-64-52-9-153-124-0	8	17,21	86%	59	0,14	12:20:37	5:50:37
0-120-163-121-94-161-110-122-0	7	10,95	55%	55	0,13	11:43:07	5:13:07
0-166-36-174-98-0	4	8,13	41%	119	0,03	12:13:07	5:43:07
0-114-27-151-63-84-37-15-58-0	8	13,76	69%	67	0,12	12:35:37	6:05:37
0-213-61-4-150-18-59-115-0	7	18,31	92%	45	0,16	11:24:22	4:54:22
0-210-35-8-85-147-217-146-0	7	18,56	93%	41	0,17	11:16:52	4:46:52
0-33-29-183-158-116-189-108-157-101-0	9	15,63	78%	60	0,15	12:52:30	6:22:30
0-111-119-13-145-100-46-7-77-0	8	18,61	93%	67	0,12	12:35:37	6:05:37
0-160-129-179-78-74-123-117-0	7	16,46	82%	56	0,13	11:45:00	5:15:00
0-148-152-195-24-32-0	5	7,82	39%	90	0,06	11:48:45	5:18:45
0-1-11-17-12-53-62-154-0	7	12,72	64%	43	0,16	11:20:37	4:50:37
0-212-43-16-86-178-164-0	6	11,17	56%	45	0,13	10:54:22	4:24:22
0-93-21-31-70-191-175-0	6	11,67	58%	60	0,1	11:22:30	4:52:30
0-47-95-106-170-105-45-0	6	12,37	62%	104	0,06	12:45:00	6:15:00
Promedio	7,2	14,2	71%	67,1	0,1	12:12:23	5:42:23

19.8.3. Resultados Jueves

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-81-139-34-36-156-0	5	6,61	33%	111	0,05	12:28:07	5:58:07
0-134-40-73-92-209-211-0	6	10,06	50%	84	0,07	12:07:30	5:37:30

0-177-126-76-138-197-91-148-0	7	9,66	48%	86	0,08	12:41:15	6:11:15
0-13-80-72-66-184-167-0	6	12,25	61%	85	0,07	12:09:22	5:39:22
0-14-38-5-113-57-67-131-82-56-0	9	17,69	88%	74	0,12	13:18:45	6:48:45
0-169-44-165-65-168-60-104-0	7	10,59	53%	72	0,1	12:15:00	5:45:00
0-187-96-173-97-79-140-23-87-0	8	12,6	63%	75	0,11	12:50:37	6:20:37
0-63-20-84-46-7-77-0	6	18,26	91%	59	0,1	11:20:37	4:50:37
0-176-51-10-130-88-107-6-149-112-83-0	10	17,28	86%	62	0,16	13:26:15	6:56:15
0-37-142-58-2-41-54-50-71-0	8	17,49	87%	57	0,14	12:16:52	5:46:52
0-124-19-75-186-153-103-9-108-157-0	9	16,42	82%	65	0,14	13:01:52	6:31:52
0-39-179-78-74-123-89-0	6	18,62	93%	52	0,12	11:07:30	4:37:30
0-151-55-100-145-25-90-15-30-22-0	9	18,27	91%	70	0,13	13:11:15	6:41:15
0-150-199-183-158-29-18-59-4-0	8	16,21	81%	47	0,17	11:58:07	5:28:07
0-27-68-26-31-70-191-21-93-0	8	17,34	87%	55	0,15	12:13:07	5:43:07
0-192-180-3-162-69-33-127-0	7	14,43	72%	70	0,1	12:11:15	5:41:15
0-161-94-106-155-95-47-163-170-0	8	14,08	70%	120	0,07	14:15:00	7:45:00
0-98-174-136-172-24-160-0	6	11,68	58%	70	0,09	11:41:15	5:11:15
0-164-213-217-85-99-8-49-101-0	8	13,97	70%	47	0,17	11:58:07	5:28:07
0-86-61-35-62-102-111-154-0	7	18,6	93%	60	0,12	11:52:30	5:22:30
0-17-1-11-12-53-210-178-0	7	15,02	75%	50	0,14	11:33:45	5:03:45
0-175-32-166-48-105-0	5	7,76	39%	104	0,05	12:15:00	5:45:00
0-43-212-171-16-133-218-135-45-0	8	13,86	69%	50	0,16	12:03:45	5:33:45
Promedio	7,3	14,3	71%	70,7	0,1	12:21:36	5:51:36

19.8.4. Resultados Viernes

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-209-40-134-211-109-197-0	6	9,44	47%	86	0,07	12:11:15	5:41:15
0-144-14-57-72-184-66-80-38-0	8	18,45	92%	83	0,1	13:05:37	6:35:37
0-52-9-64-125-75-124-0	6	11,03	55%	59	0,1	11:20:37	4:50:37
0-65-165-132-56-44-23-140-51-0	8	13,14	66%	69	0,12	12:39:22	6:09:22
0-104-60-168-131-113-5-143-90-84-20-0	10	18,31	92%	76	0,13	13:52:30	7:22:30
0-180-31-70-93-21-26-68-0	7	18,15	91%	51	0,14	11:35:37	5:05:37
0-2-41-130-118-10-87-42-50-0	8	15,74	79%	61	0,13	12:24:22	5:54:22
0-97-173-141-187-128-149-83-0	7	11,01	55%	68	0,1	12:07:30	5:37:30
0-47-95-106-110-94-161-0	6	10,52	53%	96	0,06	12:30:00	6:00:00
0-129-152-138-76-126-177-181-103-159-0	9	12,79	64%	94	0,1	13:56:15	7:26:15
0-119-77-7-46-13-25-145-100-0	8	18,11	91%	65	0,12	12:31:52	6:01:52
0-33-29-115-59-18-150-116-4-0	8	17,45	87%	47	0,17	11:58:07	5:28:07
0-61-53-11-1-12-35-0	6	17,57	88%	38	0,16	10:41:15	4:11:15
0-120-121-122-63-37-15-30-58-0	8	16,21	81%	77	0,1	12:54:22	6:24:22
0-114-210-62-8-49-147-213-0	7	15,47	77%	43	0,16	11:20:37	4:50:37
0-160-78-74-123-89-0	5	18,44	92%	50	0,1	10:33:45	4:03:45
0-117-157-108-189-85-101-146-0	7	12,2	61%	57	0,12	11:46:52	5:16:52
0-111-69-3-192-54-71-0	6	14,29	71%	59	0,1	11:20:37	4:50:37
0-195-136-24-32-154-0	5	8,3	42%	80	0,06	11:30:00	5:00:00
0-212-43-16-102-0	4	9,08	45%	56	0,07	10:15:00	3:45:00
0-98-174-156-36-105-45-0	6	13,98	70%	129	0,05	13:31:52	7:01:52
Promedio	6,90	14,27	71%	68,76	0,11	12:06:04	5:36:04

19.8.5. Resultados Sábado

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-81-139-34-36-156-0	5	6,61	33%	111	0,05	12:28:07	5:58:07
0-209-92-40-73-211-197-0	6	9,3	47%	86	0,07	12:11:15	5:41:15
0-167-184-66-72-80-5-113-14-0	8	17,1	86%	90	0,09	13:18:45	6:48:45
0-55-25-100-145-7-46-13-20-0	8	16,46	82%	63	0,13	12:28:07	5:58:07
0-143-57-67-131-168-60-104-90-0	8	15,67	78%	71	0,11	12:43:07	6:13:07
0-15-30-22-132-82-56-0	6	12,49	62%	61	0,1	11:24:22	4:54:22
0-176-130-10-118-169-44-165-65-87-0	9	15,43	77%	64	0,14	13:00:00	6:30:00
0-191-70-2-41-142-37-77-84-0	8	16,5	83%	61	0,13	12:24:22	5:54:22
0-23-140-79-97-173-96-187-6-107-149-0	10	14,7	74%	74	0,14	13:48:45	7:18:45
0-192-180-68-28-93-26-3-0	7	15,58	78%	52	0,13	11:37:30	5:07:30
0-75-64-52-153-9-186-19-78-0	8	17,16	86%	63	0,13	12:28:07	5:58:07
0-83-112-42-88-50-54-71-0	7	15,73	79%	55	0,13	11:43:07	5:13:07
0-179-39-148-91-138-76-126-177-103-108-0	10	15,3	77%	88	0,11	14:15:00	7:45:00
0-163-170-155-95-47-0	5	8,29	41%	99	0,05	12:05:37	5:35:37
0-27-69-162-21-31-63-151-161-94-0	9	18,54	93%	68	0,13	13:07:30	6:37:30
0-62-53-12-11-17-1-49-0	7	12,57	63%	39	0,18	11:13:07	4:43:07
0-98-174-136-172-24-32-0	6	11,34	57%	70	0,09	11:41:15	5:11:15
0-164-213-217-85-99-18-59-4-0	8	16,32	82%	50	0,16	12:03:45	5:33:45
0-154-8-61-35-210-0	5	18,53	93%	41	0,12	10:16:52	3:46:52
0-86-127-157-89-123-74-160-0	7	18,83	94%	77	0,09	12:24:22	5:54:22

0-150-199-158-183-29-33-175-0	7	11,64	58%	55	0,13	11:43:07	5:13:07
0-178-48-166-105-0	4	5,78	29%	95	0,04	11:28:07	4:58:07
0-212-171-43-16-133-218-135-137-45-0	9	15,03	75%	44	0,2	12:22:30	5:52:30
Promedio	7,3	14,1	71%	68,6	0,1	12:16:23	5:46:23

19.9. Resultados para 2° enfoque de solución heurística de ahorros

19.9.1. Resultados Martes

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-73-209-40-92-211-197-0	6	9,3	47%	87	0,07	12:13:07	5:43:07
0-139-34-81-166-48-0	5	5	25%	84	0,06	11:37:30	5:07:30
0-67-5-113-57-14-90-0	6	15,22	76%	76	0,08	11:52:30	5:22:30
0-72-66-184-167-80-13-46-77-0	8	17,99	90%	87	0,09	13:13:07	6:43:07
0-65-165-44-169-10-130-0	6	10,76	54%	62	0,1	11:26:15	4:56:15
0-30-15-55-7-145-100-25-0	7	17,67	88%	64	0,11	12:00:00	5:30:00
0-168-60-104-131-82-56-22-87-0	8	12,58	63%	70	0,11	12:41:15	6:11:15
0-88-176-23-97-173-79-0	6	11,19	56%	70	0,09	11:41:15	5:11:15
0-69-162-70-191-21-93-0	6	12,16	61%	52	0,12	11:07:30	4:37:30
0-68-28-3-180-0	4	11,09	55%	49	0,08	10:01:52	3:31:52
0-127-76-126-177-181-96-187-6-107-149-83-112-0	12	17,09	85%	77	0,16	14:54:22	8:24:22
0-19-186-75-9-153-52-103-78-0	8	18,04	90%	68	0,12	12:37:30	6:07:30
0-138-91-148-39-179-0	5	5,09	25%	77	0,06	11:24:22	4:54:22
0-71-54-50-183-158-199-150-0	7	15,5	78%	49	0,14	11:31:52	5:01:52
0-74-123-89-157-108-189-0	6	17,23	86%	55	0,11	11:13:07	4:43:07
0-210-53-11-61-0	4	13,64	68%	38	0,11	9:41:15	3:11:15
0-26-2-41-142-37-	9	17,65	88%	69	0,13	13:09:22	6:39:22

84-20-161-94-0							
0-151-63-31-192-27-0	5	8,07	40%	58	0,09	10:48:45	4:18:45
0-98-174-24-172-136-0	5	9,77	49%	67	0,07	11:05:37	4:35:37
0-62-33-29-18-59-4-0	6	14,65	73%	45	0,13	10:54:22	4:24:22
0-17-8-99-85-0	4	7,09	35%	41	0,1	9:46:52	3:16:52
0-12-1-35-49-102-0	5	12,28	61%	40	0,13	10:15:00	3:45:00
0-135-86-133-16-43-171-212-0	7	11,96	60%	39	0,18	11:13:07	4:43:07
0-213-217-164-154-175-0	5	7,59	38%	40	0,13	10:15:00	3:45:00
0-160-32-218-178-137-0	5	6,65	33%	33	0,15	10:01:52	3:31:52
0-47-95-155-170-163-105-45-0	7	14,14	71%	105	0,07	13:16:52	6:46:52
Promedio	6,2	12,3	61%	61,6	0,1	11:32:27	5:02:27

19.9.2. Resultados Miércoles

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-40-134-209-109-211-197-0	6	9,44	47%	86	0,07	12:11:15	5:41:15
0-168-60-104-67-131-0	5	6,69	33%	68	0,07	11:07:30	4:37:30
0-159-103-181-177-126-76-0	6	9,79	49%	72	0,08	11:45:00	5:15:00
0-143-5-113-144-14-0	5	8,24	41%	69	0,07	11:09:22	4:39:22
0-80-66-184-72-57-38-90-0	7	18,85	94%	83	0,08	12:35:37	6:05:37
0-23-140-79-97-173-96-0	6	9,51	48%	72	0,08	11:45:00	5:15:00
0-56-132-82-65-165-44-169-87-0	8	12,82	64%	64	0,13	12:30:00	6:00:00
0-138-148-152-195-0	4	4	20%	93	0,04	11:24:22	4:54:22
0-21-31-70-191-0	4	8,76	44%	51	0,08	10:05:37	3:35:37
0-63-84-37-15-30-22-58-93-0	8	18,88	94%	66	0,12	12:33:45	6:03:45
0-3-26-68-0	3	8,94	45%	48	0,06	9:30:00	3:00:00
0-176-118-10-51-88-42-50-83-112-0	9	17,27	86%	59	0,15	12:50:37	6:20:37
0-71-54-41-2-0	4	10,37	52%	53	0,08	10:09:22	3:39:22
0-149-107-128-141-	8	12,42	62%	68	0,12	12:37:30	6:07:30

127-189-108-157-0							
0-89-125-75-64-52-9-153-124-0	8	17,21	86%	59	0,14	12:20:37	5:50:37
0-151-119-13-145-100-46-7-77-0	8	18,11	91%	66	0,12	12:33:45	6:03:45
0-4-18-59-115-0	4	9,71	49%	42	0,1	9:48:45	3:18:45
0-53-1-12-35-0	4	12,59	63%	40	0,1	9:45:00	3:15:00
0-11-17-61-0	3	5,98	30%	39	0,08	9:13:07	2:43:07
0-174-24-129-179-78-74-123-0	7	18,46	92%	74	0,09	12:18:45	5:48:45
0-8-33-29-183-158-116-150-0	7	13,41	67%	50	0,14	11:33:45	5:03:45
0-102-114-0	2	3,36	17%	35	0,06	8:35:37	2:05:37
0-111-121-94-161-110-122-120-163-0	8	12,45	62%	63	0,13	12:28:07	5:58:07
0-164-117-217-85-147-213-101-146-0	8	11,67	58%	46	0,17	11:56:15	5:26:15
0-212-98-43-16-160-32-0	6	12,95	65%	46	0,13	10:56:15	4:26:15
0-178-86-0	2	3,17	16%	25	0,08	8:16:52	1:46:52
0-69-162-180-192-27-154-175-0	7	11,73	59%	57	0,12	11:46:52	5:16:52
0-210-62-47-95-106-170-105-45-0	8	18,91	95%	126	0,06	14:26:15	7:56:15
Promedio	5,9	11,6	58%	61,4	0,1	11:21:58	4:51:58

19.9.3. Resultados Jueves

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-134-40-73-92-209-211-0	6	10,06	50%	84	0,07	12:07:30	5:37:30
0-139-34-81-166-48-0	5	5	25%	84	0,06	11:37:30	5:07:30
0-138-197-91-148-0	4	4	20%	79	0,05	10:58:07	4:28:07
0-14-38-5-113-57-67-131-82-56-0	9	17,69	88%	74	0,12	13:18:45	6:48:45
0-124-9-103-177-126-76-0	6	11,59	58%	69	0,09	11:39:22	5:09:22
0-168-60-104-55-100-145-25-90-0	8	13,08	65%	73	0,11	12:46:52	6:16:52
0-84-46-7-77-37-142-58-0	7	18,01	90%	60	0,12	11:52:30	5:22:30
0-169-44-165-65-15-30-22-87-0	8	16,87	84%	69	0,12	12:39:22	6:09:22
0-107-6-187-96-173-97-79-0	7	9,96	50%	70	0,1	12:11:15	5:41:15

0-176-23-140-51-10-130-88-112-149-83-0	10	17,83	89%	64	0,16	13:30:00	7:00:00
0-192-180-2-41-54-50-71-0	7	17,61	88%	57	0,12	11:46:52	5:16:52
0-68-26-3-162-69-33-0	6	15,2	76%	49	0,12	11:01:52	4:31:52
0-186-153-19-75-127-108-157-0	7	11,49	57%	67	0,1	12:05:37	5:35:37
0-39-179-78-74-123-89-0	6	18,62	93%	52	0,12	11:07:30	4:37:30
0-63-31-70-191-21-93-151-0	7	14,45	72%	58	0,12	11:48:45	5:18:45
0-4-59-29-18-0	4	10,04	50%	44	0,09	9:52:30	3:22:30
0-72-66-184-167-80-13-20-161-94-0	9	17,77	89%	95	0,09	13:58:07	7:28:07
0-12-53-11-35-0	4	12,34	62%	39	0,1	9:43:07	3:13:07
0-17-1-61-0	3	6,23	31%	39	0,08	9:13:07	2:43:07
0-99-8-0	2	4,22	21%	40	0,05	8:45:00	2:15:00
0-150-199-183-158-85-0	5	8,04	40%	48	0,1	10:30:00	4:00:00
0-136-172-24-174-98-171-218-0	7	11,77	59%	68	0,1	12:07:30	5:37:30
0-49-62-210-27-102-111-0	6	12,98	65%	51	0,12	11:05:37	4:35:37
0-133-43-16-212-160-32-0	6	11,27	56%	41	0,15	10:46:52	4:16:52
0-178-86-135-137-0	4	5,34	27%	24	0,17	9:15:00	2:45:00
0-213-217-101-164-154-175-0	6	9,44	47%	39	0,15	10:43:07	4:13:07
0-106-155-95-47-163-170-105-45-0	8	15,41	77%	120	0,07	14:15:00	7:45:00
Promedio	6,2	12,1	60%	61,4	0,1	11:30:37	5:00:37

19.9.4. Resultados Viernes

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-209-40-134-211-109-197-0	6	9,44	47%	86	0,07	12:11:15	5:41:15
0-72-184-66-80-57-38-0	6	15,48	77%	84	0,07	12:07:30	5:37:30
0-152-138-76-126-177-181-103-159-0	8	11,79	59%	90	0,09	13:18:45	6:48:45
0-124-64-125-75-52-9-0	6	11,03	55%	59	0,1	11:20:37	4:50:37
0-130-118-10-44-	7	12,21	61%	63	0,11	11:58:07	5:28:07

23-140-51-0							
0-104-60-168-131-15-30-58-0	7	13,38	67%	70	0,1	12:11:15	5:41:15
0-65-165-132-56-87-0	5	8,27	41%	63	0,08	10:58:07	4:28:07
0-113-5-143-144-14-90-37-84-20-0	9	17,53	88%	76	0,12	13:22:30	6:52:30
0-47-95-106-110-94-161-0	6	10,52	53%	96	0,06	12:30:00	6:00:00
0-97-173-141-187-108-189-157-0	7	12,27	61%	72	0,1	12:15:00	5:45:00
0-119-77-7-46-13-25-145-100-0	8	18,11	91%	65	0,12	12:31:52	6:01:52
0-18-33-29-115-59-0	5	7,73	39%	44	0,11	10:22:30	3:52:30
0-50-42-83-128-149-116-150-4-0	8	18,87	94%	57	0,14	12:16:52	5:46:52
0-11-1-61-0	3	6,71	34%	39	0,08	9:13:07	2:43:07
0-210-53-12-35-0	4	15,52	78%	38	0,11	9:41:15	3:11:15
0-62-26-68-2-41-54-71-0	7	18,08	90%	56	0,13	11:45:00	5:15:00
0-121-122-63-31-70-93-21-0	7	14,45	72%	67	0,1	12:05:37	5:35:37
0-129-78-74-123-89-117-0	6	18,64	93%	54	0,11	11:11:15	4:41:15
0-102-114-0	2	3,36	17%	35	0,06	8:35:37	2:05:37
0-195-136-24-174-98-212-0	6	11,47	57%	78	0,08	11:56:15	5:26:15
0-32-160-43-16-0	4	8,5	43%	40	0,1	9:45:00	3:15:00
0-49-8-147-85-213-101-146-154-0	8	14,27	71%	41	0,2	11:46:52	5:16:52
0-180-69-3-192-111-120-105-45-0	8	18,44	92%	76	0,11	12:52:30	6:22:30
Promedio	6,2	12,9	64%	63,0	0,1	11:34:39	5:04:39

19.9.5. Resultados Sábado

Ruta	Locales	Volumen [m3]	Tasa ocupacion [%]	Total Distancia (aprox) [km]	Separacion [locales/km]	Tiempo de arribo a CDD	Tiempo en ruta
0-167-184-66-72-80-57-0	6	15,47	77%	87	0,07	12:13:07	5:43:07
0-48-166-81-139-34-0	5	5	25%	84	0,06	11:37:30	5:07:30
0-209-92-40-148-0	4	6,13	31%	76	0,05	10:52:30	4:22:30
0-169-44-165-65-0	4	6,51	33%	62	0,06	10:26:15	3:56:15
0-143-5-113-14-90-	7	16,24	81%	73	0,1	12:16:52	5:46:52

77-84-0							
0-15-30-22-132-82-56-142-37-0	8	15,43	77%	64	0,13	12:30:00	6:00:00
0-176-130-10-118-87-0	5	8,92	45%	56	0,09	10:45:00	4:15:00
0-63-191-70-2-41-28-93-0	7	13,7	69%	58	0,12	11:48:45	5:18:45
0-112-42-88-50-54-71-0	6	13,49	67%	54	0,11	11:11:15	4:41:15
0-127-76-126-177-103-153-52-78-0	8	18,15	91%	76	0,11	12:52:30	6:22:30
0-9-186-75-64-19-108-157-0	7	12,97	65%	63	0,11	11:58:07	5:28:07
0-170-155-95-47-0	4	6,25	31%	97	0,04	11:31:52	5:01:52
0-23-140-79-97-173-96-187-6-107-149-83-199-0	12	17,94	90%	75	0,16	14:50:37	8:20:37
0-136-172-24-39-179-0	5	7,34	37%	63	0,08	10:58:07	4:28:07
0-68-26-3-69-162-21-31-151-0	8	18,52	93%	55	0,15	12:13:07	5:43:07
0-18-59-158-183-150-4-0	6	13,88	69%	46	0,13	10:56:15	4:26:15
0-62-53-12-35-0	4	12,74	64%	38	0,11	9:41:15	3:11:15
0-138-91-73-211-197-89-123-74-0	8	17,17	86%	97	0,08	13:31:52	7:01:52
0-210-192-180-29-33-0	5	12,78	64%	50	0,1	10:33:45	4:03:45
0-11-17-99-85-0	4	5,39	27%	41	0,1	9:46:52	3:16:52
0-27-55-25-100-145-7-46-13-20-0	9	17,71	89%	68	0,13	13:07:30	6:37:30
0-8-1-61-49-102-0	5	12,1	61%	40	0,13	10:15:00	3:45:00
0-133-43-16-98-174-171-212-218-0	8	14,31	72%	51	0,16	12:05:37	5:35:37
0-175-154-164-217-213-0	5	7,59	38%	40	0,13	10:15:00	3:45:00
0-168-60-104-67-131-161-94-163-105-0	9	16,03	80%	100	0,09	14:07:30	7:37:30
0-32-160-86-135-178-137-45-0	7	11,89	59%	37	0,19	11:09:22	4:39:22
Promedio	6,4	12,4	62%	63,5	0,1	11:40:36	5:10:36