

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Industrial



**Rediseño de Zonas de Reparto para Camiones de distribución
para Agrosuper, Sucursal Viña del Mar**

Por

María Constanza Zelaya Segovia

Trabajo de Título para Optar al Grado de Licenciado en Ciencias
de la Ingeniería y Título de Ingeniero Civil Industrial

Profesor Guía Paula Quiroz Rojas

Marzo, 2019

Agradecimientos

Qué difícil es darse cuenta que empieza a terminar un ciclo y pensar en todas las personas y angelitos que estuvieron en este camino, es por eso que estas palabras van dedicadas a ellos, a los que estuvieron conmigo durante este camino que fue con varios altos y bajos (con más bajos que altos de repente) pero que se logró superar.

Agradezco a Dios por tomarme de la mano y guiarme cuando lo necesité, y por darme una hermosa familia, mis padres, Eduardo y Catalina, mi hermana Consuelo y mi abuela Yaya, los que nunca se rindieron conmigo y que tuvieron que soportar mi mal humor en ciertos momentos, mis llantos, mis noches sin dormir y que compartieron conmigo los buenos momentos también, las buenas notas y satisfacciones, muchas gracias por no dejar que me rindiera cuando sentía que se caía mi mundo y obviamente rezar para que llegara este momento (pobre Teresita de Los Andes y espíritu santo que quedaron locos). ¡Al fin papis! Soy ingeniera! Gracias a ustedes por criarme fuerte y ser fuertes por mí cuando lo necesité, por su dedicación y confianza, por siempre creer en mí, por enseñarme a ser perseverante y constante (traté de llevar en alto mi nombre), este no es solo un logro mío si no de ustedes también, gracias por amarme incondicionalmente y por sentirse orgullosos de mi, los amo con todo mi corazón.

En el transcurso de estos seis años se cruzaron por mi camino muchas personas, varias que siguieron su rumbo, pero solo fueron dos los que estuvieron conmigo en estos años; una es mi mejor amiga, la más apañadora, la que siempre me sube el ánimo, la que se pone muy feliz con mis logros y yo por los de ella, es mi Nat, la que sé que siempre estará en las buenas y malas y que nunca se separará de mí, aunque yo esté al fin del mundo, gracias por enseñarme de esa amistad sincera, simple, sana e incondicional, Naty eres la mejor del mundo y en verdad agradezco de corazón tenerte en mi vida.

Y por su puesto mi mejor amigo, mi compañero de vida, mi consentidor, mi marinito, mi pololo José, gracias gracias gracias, gracias por ayudarme a superar todo esto, por quedarte despierto en las noches, por estudiar conmigo, por querer que siempre esté bien, por mover montañas cuando lo necesitaba, por hacerme feliz, por cuidar de mí, gracias por darme risas y hermosos momentos, gracias por enseñarme que el poder está solo en mi cabeza y que soy capaz de todo lo que me proponga, junto a ti llegaremos al cielo. Ahora a buscar nuevos horizontes con este nuevo comienzo, nos falta mucho por vivir y muchas gracias por ser el mejor hombre del mundo mundial, te amo.

De igual forma les agradezco a mis tías postizas, las que gracias a dios llegaron a la vida de mi madre y se han vuelto muy importante en mi vida, mi tía Nancy y mi tía Fabi, que

con mucho amor agregaron y me dieron granitos de arena para lograr mis objetivos, muchas gracias, las quiero mucho. Además agradecer a las personas que en algún momento compartieron y pasamos buenos momentos en el día a día de la Universidad.

Aun así, no habría logrado esto sin los angelitos que me cuidan desde el cielo, que me acompañaron, ayudaron y guiaron en cada prueba, les mando un beso enorme a cada uno de ellos y un hasta pronto.

Este trabajo representa todos los obstáculos que tuve que pasar, el esfuerzo y constancia durante todos estos años, que me hicieron crecer emocionalmente, como persona y profesional, es por esto que también agradezco a los profesores que siempre tuvieron una buena disposición y me dieron herramientas para superar cada ramo, en especial al Profesor Luis Seccatore, ya que, siempre tuvo la mejor de las disposiciones durante el desarrollo de esta tesis, muchas gracias por su tiempo y ganas de enseñar.

Con todo lo nombrado me siento una persona y mujer totalmente agradecida de la vida, de la familia que tengo a mi lado, de las personas que Dios ha puesto en mi camino, de tener lo mejor a mi alrededor, los más grandes tesoros que una persona puede llegar a soñar, me siento feliz y orgullosa de mis logros en todo ámbito, con esto me siento capaz de lograr todo lo que me proponga para mí y las personas que amo.

Muchas gracias a todos.

Índice

Resumen Ejecutivo	12
Introducción	13
1. Capítulo: Antecedentes	14
1.1 Descripción de la empresa	14
1.1.1 Misión y Visión de la empresa	17
1.1.2 Marcas.....	18
1.1.3 Directorio y Equipo Ejecutivo	20
1.1.4 Cadena de Distribución.....	21
1.1.5 Segmentación y Canales de Venta.....	21
1.2 Descripción del proceso de Distribución	24
2 Capítulo: Planteamiento del Problema	26
2.1 Sucursal Viña del Mar	26
2.1.1 Área Operaciones Sucursal Viña del Mar	27
2.2 Análisis de Situación Actual	28
2.2.1 Sucursal.....	28
2.2.2 Clientes	29
2.2.3 Flota de Camiones de Distribución.....	32
2.2.4 Zonas de Reparto.....	37
2.3 Planteamiento del Problema	42
2.4 Objetivos	51
3 Capítulo: Estado del Arte.....	52
3.1 Cadena de Suministro	52
3.2 Distribución	53
3.2.1 Centro de Distribución.....	54
3.2.2 Canal de Distribución.....	55
3.3 Análisis de Clusters	57
3.3.1 Métodos de análisis cluster	59
3.4 Problemas de Ruteo.....	62

3.4.1	Modelo de Ruteo de una Flota Homogénea	64
3.4.2	Teoría de Grafos	65
3.4.3	Soluciones de propuesta	66
3.5	Tipos de Herramientas.....	67
3.5.1	ArcGis.....	67
3.5.2	My Maps	68
3.5.3	Google Maps.....	68
4	Capítulo: Desarrollo de la Metodología.....	69
4.1	Metodología.....	69
4.2	Análisis de Restricción y Limitaciones	70
4.3	Macro Zonas	72
4.3.1	Modificación Zonas de Reparto	76
4.4	Micro Zonas	82
4.5	Selección de clientes por día	87
4.6	Determinar Ruta Diaria	93
4.6.1	Formación de Ruta.....	95
4.6.2	Formulación del Modelo Matemático a aplicar	100
4.6.3	Matriz Modelo para LINGO.....	103
4.6.4	Software para Modelamiento LINGO	104
5	Capítulo: Análisis de Resultados.....	105
5.1	Validación de Resultados.....	105
5.1.1	Cantidad de Visitas	106
5.1.2	Capacidad Ociosa.....	107
5.1.3	Costos de Distribución	110
6	Capítulo: Conclusiones y Recomendaciones	119
7	Capítulo: Bibliografía	122
8	Capítulo: Anexo	124
	Anexo 1: Sucursales con Venta anual 2018 y porcentaje de Participación.....	124
	Anexo 2: Empresas Transportistas con respectivos Camiones.....	125

Anexo 3: Cantidad de Visitas Mensuales por Vendedor.	126
Anexo 4: Cantidad de Visitas por Día.....	127
Anexo 5: Cantidad de Visitas por Día Propuesta	128
Anexo 6: Cantidad de Kilogramos por Día Propuesta.....	129
Anexo 7: Modificación de Macro Zonas	130
Anexo 9: Visualización del resultado en el Software LINGO	140

Índice Tablas

Tabla 1.1: Resultado Indicadores 2017.	19
Tabla 2.2: Cantidad de Visitas Mensuales por Vendedor.....	34
Tabla 2.3: Promedio de Visitas por Día.	35
Tabla 2.4: Cantidad de Kilogramos por Día.	36
Tabla 2.5: Capacidad Ociosa por Día.	36
Tabla 2.6: Zonas de Reparto.	37
Tabla 2.7: Venta en KG y Cantidad de Clientes en base a Segmento año 2017.....	40
Tabla 2.8: Vendedor con Cantidad de Clientes y KG Promedio de compra.	45
Tabla 2.9: Promedio de Kilogramos por día que entrega cada vendedor.....	47
Tabla 2.10: Capacidad Ociosa por camión.	48
Tabla 4.11: Promedio KG por Día.	73
Tabla 4.12: Capacidad Ociosa vs. Cantidad Clientes por Vendedor.	74
Tabla 4.13: Ponderación Aspectos por Vendedor.....	76
Tabla 4.14: Datos Actuales de Vendedores.....	77
Tabla 4.15: Datos Propuestos de Vendedores.	78
Tabla 4.16: Comparación en promedio de Actualidad vs. Propuesta Vendedor 7.	81
Tabla 4.17: Comparación en promedio de Actualidad vs. Propuesta Vendedor 9.	81
Tabla 4.18: Datos por Día Macro Zonas Vendedor 7.	82
Tabla 4.19: Comparación entre Macro zona y Micro zona Vendedor 7.	88
Tabla 4.20: Propuesta de Micro Zonas Modificadas Vendedor 7.	89
Tabla 4.21: Extracto de Clientes para Estudio.....	95

Tabla 4.22: Extracto Matriz de Distancias en Metros.	98
Tabla 4.23: Extracto Coeficiente de Importancia.	100
Tabla 4.24: Extracto Matriz Modelo en Metros.	103
Tabla 5.25: Comparación camiones actuales y propuesta.	105
Tabla 5.26: Promedio de Visitas por Día Propuesta.	106
Tabla 5.27: Capacidad Ociosa por Día Propuesta.	108
Tabla 5.28: Solución del Modelo en LINGO.	113
Tabla 5.29: Ruta Actual Día Miércoles Vendedor 7.	115

Índice Ilustraciones

Ilustración 1.1: Diagrama Holding Agrosuper Enero 2017.....	16
Ilustración 1.2: Organigrama Directorio.....	20
Ilustración 1.3: Organigrama Equipo Ejecutivo.....	20
Ilustración 1.4: Diagrama Proceso Distribución.....	25
Ilustración 2.5: Organigrama Sucursal Viña del Mar.....	27
Ilustración 2.6: Ubicación Sucursal Viña del Mar, Agrosuper.....	28
Ilustración 2.7: Ejemplo de Georreferenciación de los clientes en Viña del Mar.....	29
Ilustración 2.8: Cantidad de Clientes por Frecuencia de entrega.....	31
Ilustración 2.9: Cantidad de Kilogramos por Frecuencia de entrega.....	32
Ilustración 2.10: Diagrama de Proceso de Reparto.....	33
Ilustración 2.11: Mapa de comunas con vendedores.....	38
Ilustración 2.12: Clientes de Vendedor 7.....	38
Ilustración 2.13: Día Sábado Vendedor 7.....	39
Ilustración 2.14: Porcentaje de Venta por Tipo de Cliente.....	40
Ilustración 2.15: Total de clientes en la V Región.....	42
Ilustración 2.16: Zonas de Reparto en Valparaíso, Viña del Mar e interior.....	43
Ilustración 2.17: Zonas de Reparto en Curauma y Casablanca.....	44
Ilustración 2.18: Comparación Cantidad de Clientes.....	46
Ilustración 2.19: Comparación Cantidad de KG en promedio semanal.....	46
Ilustración 2.20: Diagrama Ishikawa.....	50
Ilustración 3.21: Red de Distribución.....	54

Ilustración 3.22: Canal de Distribución.....	56
Ilustración 3.23: Tipo de Canal de Distribución.....	57
Ilustración 3.24: Ejemplo Clusters.....	57
Ilustración 3.25: Análisis Cluster Jerárquico.....	59
Ilustración 3.26: Distancia Mínima.....	60
Ilustración 3.27: Distancia Máxima.....	60
Ilustración 3.28: Distancia entre centros.....	60
Ilustración 3.29: Distancia Promedio grupo.....	61
Ilustración 3.30: Problema de enrutamiento de vehículos.....	63
Ilustración 3.31: Ejemplo solución para VRP.....	64
Ilustración 3.32: Solución obtenida mediante algoritmo de barrido.....	66
Ilustración 3.33: Solución obtenida Heurística del vecino más próximo.....	66
Ilustración 4.34: Zonas de Reparto Actuales Quilpué, Villa Alemana y Peñablanca.....	77
Ilustración 4.35: Zonas de Reparto Propuestas para Quilpué, Villa Alemana y Peñablanca.....	78
Ilustración 4.36: Zonas de Reparto Propuestas Modificadas.....	79
Ilustración 4.37: Zona de Reparto Propuesta con Delimitación.....	80
Ilustración 4.38: Geolocalización de Clientes por Día Vendedor 7.....	83
Ilustración 4.39: Micro Zonas de Reparto con Fronteras Vendedor 7.....	84
Ilustración 4.40: Geolocalización de Clientes por Día Vendedor 9.....	85
Ilustración 4.41: Micro Zonas de Reparto con Fronteras Vendedor 9.....	87
Ilustración 4.42: Propuesta Micro Zonas Modificadas Vendedor 7.....	89
Ilustración 4.43: Clientes por Micro Zona Vendedor 7.....	90

Ilustración 4.44: Propuesta Micro Zonas Modificadas Vendedor 9.	91
Ilustración 4.45: Clientes por Micro Zona de Vendedor 9.	92
Ilustración 4.46: Distancia Máxima Actual día Martes.	93
Ilustración 4.47: Distancia Máxima Propuesta día Martes.	94
Ilustración 4.48: Clientes Día Miércoles Vendedor 7.	96
Ilustración 4.49: Medición de distancia entre dos clientes.	97
Ilustración 5.50: Comparación Visitas por Vendedor Actual VS Propuesta.	107
Ilustración 5.51: Comparación Capacidad Ociosa Actual VS Propuesta.	109
Ilustración 5.52: Matriz de Distancias con Rango.	111
Ilustración 5.53: Reporte de Solución de Ruta.	112
Ilustración 5.54: Informe "Solution Report".	113
Ilustración 5.55: Ruta de Reparto Propuesta.	114
Ilustración 5.56: Ruta de Reparto Actual.	116

Resumen Ejecutivo

Agrosuper es un *holding* de empresas alimentarias que producen alimentos provenientes del pollo, pavo, cerdo, entre otros, además se encarga de distribuir sus productos mediante centros de distribución ubicadas a lo largo de Chile.

Este trabajo de título se enfoca en el rediseño del sistema de distribución que presenta y utiliza la flota de reparto perteneciente a la Sucursal de Viña del Mar, centrándose en los problemas identificados en las zonas de reparto y enrutamiento de los clientes ubicados en Valparaíso, Viña del Mar, Concón, Quilpué, Villa Alemana, Peñablanca, Curauma y Casablanca, presentando como principales problemas el aumento de tiempos y distancias a trasladarse entre los clientes, zonas de reparto no definidas y sobrepuestas, rutas no claras ni establecidas, grandes porcentajes de capacidad ociosa en cámaras de frío y el crecimiento de los costos asociados al sistema.

Para llegar a la solución de los problemas que se presentan, se llevo a cabo el rediseño de las Zonas de Reparto que mantiene la Sucursal para cada vendedor, modificando el número de camiones de distribución de la flota en base a variables como la demanda, capacidad de las cámaras de frío, entre otros. Para esto, se decidió utilizar el Método de Análisis Cluster, tomando en consideración cierta cantidad de clientes y kilogramos.

Luego de las modificaciones realizadas a las Macro Zonas de Reparto y creación de Micro Zonas se procedió a buscar el objetivo de desarrollar un modelo que logra entregar un mayor nivel de eficiencia en la distribución, minimizando costos, distancias, capacidad ociosa y maximizando recursos. Dado esto, se evaluaron rutas de distribución para un vendedor, para esto se decidió emplear el Modelo de Ruteo de una Flota Homogénea, ya que se ajustaba a las variables y restricciones del sistema.

Para la resolución del problema se consideró mejorar las rutas de reparto, cambiando el orden lógico de los clientes, buscando trabajar con las restricciones que se presentan, minimizando la función objetiva planteada y utilizando herramientas tecnológicas, como *My Maps* y el Software LINGO.

Terminado con una comparación y evaluación de los costos asociados a la flota de distribución en el caso de la propuesta y los que se tienen en la actualidad.

Introducción

En la actualidad, dentro de la industria existe el “Área de Operaciones y Logística”, que se ha vuelto de vital importancia para el buen funcionamiento de instituciones y compañías, logrando maximizar aspectos en temas de almacenamiento, distribución, transporte, entre otros. Su principal objetivo es lograr ubicar los productos adecuados (bienes y servicios) en el lugar, momento y condiciones adecuadas, garantizando eficiencia, eficacia y calidad del servicio y generando una ventaja frente a la competencia. Por otro lado, se encarga de planear y organizar desde la cadena de suministros, los requerimientos para una etapa de difusión exitosa hasta las solicitudes de la alta gerencia, además de lograr la satisfacción del cliente haciendo llegar de forma ágil y eficiente el producto, controlando todo el proceso de distribución. [Pearson04]

Con esto, se intenta maximizar todos los recursos que estén disponibles dentro del proceso de distribución, es decir, el proceso en el cual se transporta el producto de un punto a otro, volviéndose un tema clave para las empresas que buscan dar una calidad de excelencia, en otras palabras, un nivel de servicio superior a la competencia. Esto suele volverse difícil en la organización cuando se cuenta con gran cantidad de clientes y variables en las grandes empresas, provocando dificultades realizar un sistema que logre un equilibrio.

La Sucursal de Viña del Mar de Agrosuper, es uno de los centros de almacenamiento y distribución de productos alimenticios (pollo, cerdo, pavo, cecinas, etc.), siendo sus principales funciones recepcionar los productos provenientes de las faenadoras, almacenarlos y posteriormente distribuirlos a los clientes dentro de la V región. Para la sucursal es de gran importancia lograr la maximización y optimización de los recursos disponibles, es por esto que se realiza un estudio detallado de los problemas que presentan las zonas de reparto, conjunto con la distribución y orden de los camiones de distribución, luego de esto se procede a trabajar con métodos y herramientas que logren llegar a una posible mejora en el tema de estudio.

1. Capítulo: Antecedentes

En el siguiente capítulo, se da a conocer una breve descripción de la empresa, su participación a nivel nacional como internacional, sus marcas dentro del mercado, entre otros temas.

1.1 Descripción de la empresa

Agrosuper es un *holding* de empresas alimentarias nacionales, especialista en la producción, faenación, distribución y comercialización de alimentos frescos y congelados de pollo, cerdo, pavos, salmones y procesados (cecinas, vegetales). Las empresas Agrosuper son el principal productor de carnes y alimentos frescos de Chile, logrando tener el 60% del mercado nacional, teniendo ventas nacionales totales durante el año 2017 de \$949.230MM y \$659.588MM ventas internacionales con una dotación de personal de más de 14.000 trabajadores dentro y fuera del país. Con esto Super Pollo lidera el mercado de los pollos, con lo cual logra registrar ventas anuales superiores a las 223.000 toneladas. [Reporte Integrado. Agrosuper17]

El origen de la empresa Agrosuper se remonta al año 1955, cuando Don Gonzalo Vial V. comienza un pequeño negocio de producción de huevos frescos en la comuna de Doñihue, Rancagua, VI Región de O'Higgins. Tras cinco años, en 1960 se amplió el negocio a la crianza y venta de pollos, lo que más tarde daría como origen a la primera marca del *holding*, llamada Super Pollo, por la que se inaugura la planta procesadora de pollos Lo Miranda.

En la década de los 80 inician un plan de diversificación y expansión producto de la inquietud de explorar e innovar, es de esta forma que en 1984 comienza la crianza y comercialización de cerdos bajo la marca Super Cerdo. Unos años más tarde, en 1986, se inicia la producción de frutas de exportación.

En 1989 se mantiene la línea de expansión y se crean las marcas La Crianza y Super Salmón, la primera comercializando productos procesados y la segunda que distribuye productos provenientes de salmones. Luego de esto, en 1990 comienza sus actividades Cecinas Super, hoy en día Alimentos Doñihue, una de las principales empresas cecineras del país.

Continuando con la expansión del negocio de pollos, en 1994 se inaugura la nueva planta procesadora en la comuna de San Vicente de Tagua Tagua, mientras que en 1996, el grupo de empresas adquiere el 40% de la propiedad de Sopraval, la que se consolida como

líder en el mercado de los pavos. Finalmente en el año 2011, Sopraval pasa completamente a ser parte del *holding*.

Agrosuper es la primera empresa Agroindustrial del mundo en emitir bonos de carbono, ya que en el año 2001, se inaugura el primer biodigestor donde se tratan los purines de cerdo. Luego se realizó la planta de tratamiento de Peralillo, para el siguiente paso en el tratamiento de purines de cerdo. Por otro lado, es la primera empresa en Chile en compartimentalizar parte de su producción de pollos para fortalecer la prevención de enfermedades.

Agrosuper ha utilizado una estrategia de integración vertical, logrando tener el control de sus insumos y productos, manteniendo segura la calidad de las materias primas en todos y cada uno de los procesos productivos, y obteniendo los mejores costos de producción.

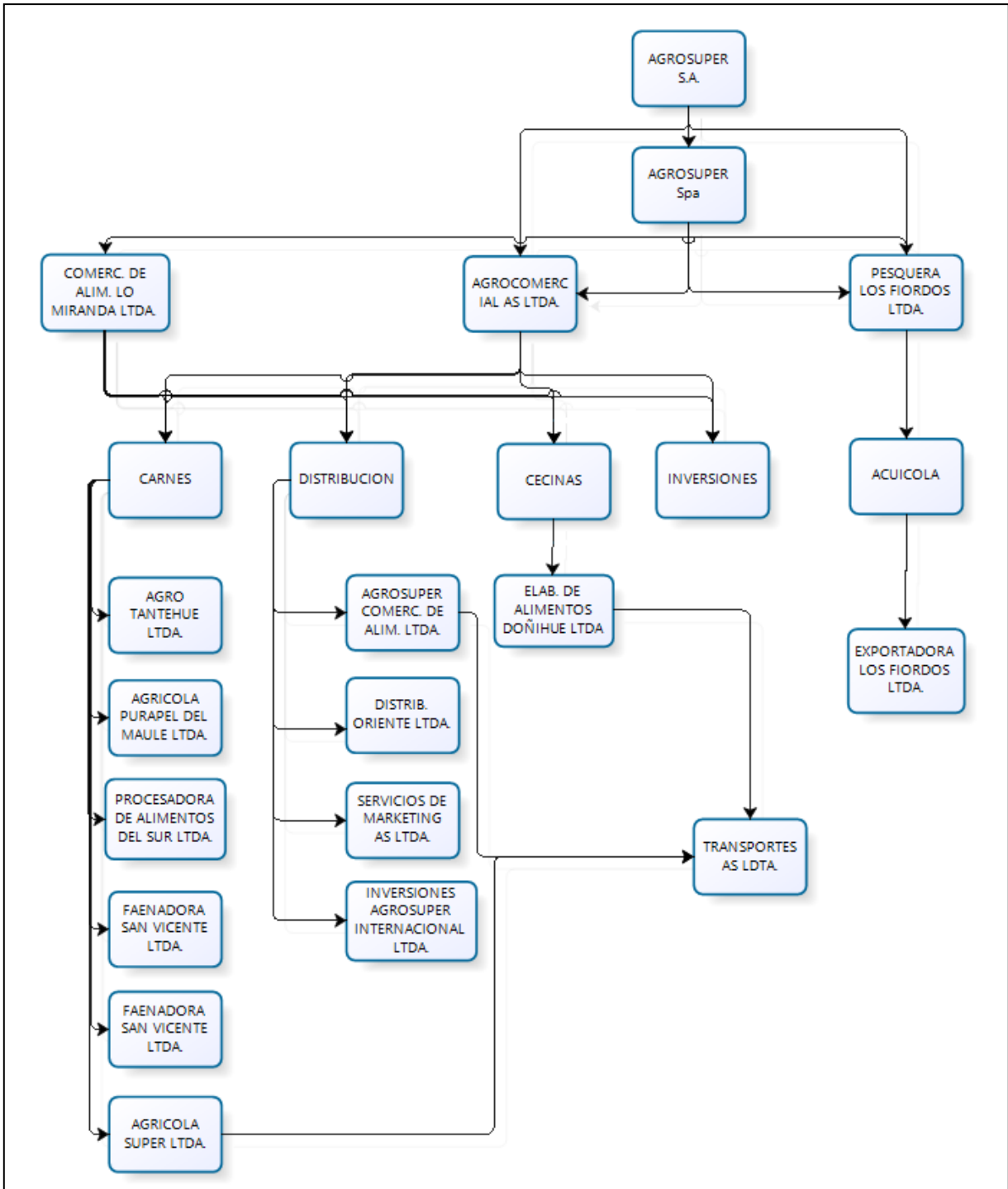
A lo largo del tiempo ha logrado una expansión internacional, contando con oficinas en Italia, EEUU, Japón, México y China, además de hacer exportaciones a más de 60 países, como Estados Unidos, Hong Kong, Taiwán, Inglaterra, Francia, España, Austria, etc.

El grupo está estructurado en varias empresas operativas, que se diferencian por el desarrollo de sus procesos principales que consiguen todas las habilidades competitivas, como fábricas de alimentos para los animales que se comercializan, granjas de crianza, plantas de procesos, centros de distribución y oficinas comerciales, las cuales trabajando en conjunto permiten llegar con una variedad de productos a clientes y consumidores en Chile y el mundo. De acuerdo a esto, la crianza de pollos y cerdos es desarrollada por las empresas Agrícola Super Ltda. y Agro Tantehue Ltda. Por otro lado, La Faenadora Super Ltda., la Faenadora San Vicente Ltda. y la Faenadora Rosario cuentan con tecnología de punta y estrictos controles de calidad para los procesos de pollos y cerdos. Además de la Elaboradora de Alimentos Doñihue Ltda. que realiza el procesamiento adicional de las carnes.

Por último, se encuentra Distribuidora Super Ltda., encargada de comercializar los productos a través de una red de distribución, la que se integra por más de 25 terminales ubicados en las principales ciudades de Chile.

En la Ilustración 1.1 se muestra el diagrama del *Holding*, haciendo énfasis en sus nombres, conexiones y zonas de trabajo, como carnes, distribución, cecinas, inversiones y acuícola.

Ilustración 1.1: Diagrama Holding Agrosuper Enero 2017.



Elaboración Propia en base a Página Oficial Agrosuper.

Agrosuper mantiene 319 centros de crianza de pollo, cerdo y pavo y 43 centros de crianza de salmón, de acuerdo a la cantidad de animales que se crían, para lograr satisfacerlos se crean 5 fábricas de alimento y 7 plantas de proceso. Al realizar grandes cantidades de producción, se realiza una inversión ambiental el año 2017 de un total de \$48.579 MM. [Reporte Integrado. Agrosuper17]

Una parte de esta inversión fue implementar un proceso de Bioestabilizado, el cual, consta de mitigar las externalidades propias de la actividad de las empresas productoras, logrando transformar los purines de cerdo (mezcla del estiércol, orina y agua) en fertilizante para suelos agrícolas (de 2.839 agricultores) y agua para riego (3.600 hectáreas agrícolas), a través de canchas de compostaje y plantas de tratamiento de agua. [Resumen Reporte Integrado. Agrosuper17]

1.1.1 Misión y Visión de la empresa

Agrosuper mantiene un gran propósito, el cual busca “Alimentar lo bueno de la vida todos los días”, realizando las cosas siempre mejor, es decir, el motor de la empresa es la calidad, más allá de lo productivo. A la vez mantienen un espíritu de crecimiento y desarrollo, buscando avanzar innovando y generando espacios de crecimiento para las personas. Finalmente tratan de disfrutar la vida siendo parte del día a día de las personas, clientes y consumidores invitándolos a compartir con otros. [Resumen Reporte Integrado. Agrosuper17]

Para Agrosuper es de vital importancia buscar fidelizar a sus clientes por medio de relaciones confiables y duraderas creadas a partir de su objetivo primordial, que está en asegurar una calidad y presentación excelente en sus productos alimenticios, los cuales se venden tanto en territorio nacional como internacional. De esto se desprenden su Misión y Visión, los cuales sustentan su estrategia de crecimiento dentro del mercado.

Misión:

“Dar solución completa a nuestros clientes y consumidores en el suministro oportuno de nuestros productos al mercado nacional e internacional. Preocupados de la calidad total respecto del producto y servicio entregado garantizando a todos los clientes la frescura y calidad inigualable que solo Agrosuper puede lograr.”

Visión:

“Anteponerse a las necesidades de los clientes y consumidores entregando en forma ágil y oportuna el producto de la más alta calidad en todo el mercado nacional sin descuidar ni los más apartados sectores, teniendo un especial cuidado en las relaciones humanas que se gestan con nuestros clientes y consumidores, a través de un personal que conforma un equipo especializado de producción y venta el cual constituye nuestra familia Agrosuper, que proyecta los valores humanos y cristianos que caracterizan nuestra empresa.”

1.1.2 Marcas

Agrosuper logró insertar en el mercado marcas confiables que poseen una alta variedad de productos que permiten entregar alternativas de calidad a los clientes, manteniéndose en constante innovación y desarrollo acorde a las necesidades de los consumidores. Estas se detallan a continuación:

- Super Pollo
Con sus más de 40 años de vida y su excelente calidad, se ha posicionado como una marca cercana y confiable, con soluciones alimenticias transversales y masivas que entregan una amplia variedad de productos que adecuan a las necesidades de los consumidores. Se centra en los productos provenientes del Pollo, siendo la primera marca en formarse de Agrosuper.
- Sopraval
Ha reinventado la forma de comer sano de manera entretenida, fácil y equilibrada para que todos puedan disfrutar de las variedades de productos y formatos del pavo.
- Super Cerdo
Es el gran anfitrión de aquellas instancias para compartir, con una amplia variedad de productos provenientes del cerdo. Haciendo de cada comida un gran momento.
- La Crianza
Con los productos La Crianza en cada momento podrás darte un gusto con sus diversas líneas de productos Premium como el Salmón de Exportación, Delicias del Huerto, Pizzas Rising Crust, Hamburguesas y Jamones.

- Super Salmón
Te entrega fresca y sabores del salmón del sur de Chile a través de soluciones alimenticias prácticas y de calidad para aquellos que quieren comer sano y rico.
- King
Ofrece un mundo de posibilidades para que comer en familia siempre sea una fiesta con productos de gran calidad, sanos, ricos y convenientes, que te acompañan y simplifican tu vida.

Estas marcas son evaluadas constantemente dentro de los consumidores en base a indicadores, los cuales los más importantes son:

- Recuerdo Espontáneo: La empresa busca posicionarse en el primer recuerdo de la mente del consumidor como sus primeras opciones de compra a la hora de adquirir un producto.
- Consideración: Se busca que este porcentaje sea alto, ya que representa la cantidad de veces que el consumidor considera adquirir un producto de las marcas del *holding*.
- Preferencia: Es el porcentaje que mide cuantas veces el consumidor prefiere un producto de una marca de Agrosuper, cumpliendo con estándares de calidad y servicio.
- Compra Frecuente: Para la empresa es la cantidad de veces que el consumidor adquiere o compra un producto de una de las marcas de Agrosuper frente a su competencia.

En el Reporte Integrado de Agrosuper 2017, se obtuvieron los resultados que se observan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Resultado Indicadores 2017.

	Recuerdo Espontáneo	Consideración	Preferencia	Compra Frecuente
Super Pollo	92%	92%	65%	68%
Sopraval	82%	92%	65%	54%
Super Cerdo	84%	90%	72%	64%
La Crianza	49%	85%	38%	38%

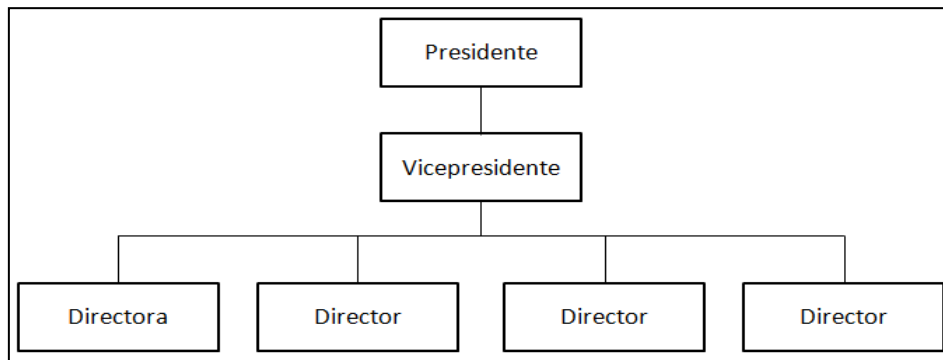
Elaboración Propia en base a Reporte 2017.

1.1.3 Directorio y Equipo Ejecutivo

Dentro de los grandes desafíos que se presentan en ámbitos económicos, sociales, ambientales y regulatorios, el directorio logra hacer frente a estos liderando y orientando el gobierno corporativo, velando por el desarrollo sustentable de la compañía.

En la Ilustración 1.2 se muestra el directorio, que es elegido por la Junta Ordinaria de Accionistas y se compone por una mujer y cinco hombres, todos de nacionalidad chilena, los cuales tienen entre seis y nueve años de antigüedad en el cargo. Se reúnen en sesiones ordinarias una vez al mes para analizar y resolver distintos temas.

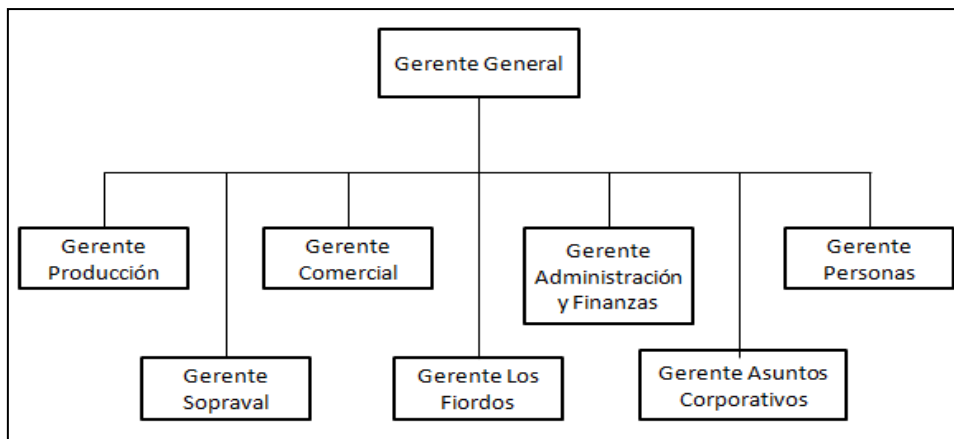
Ilustración 1.2: Organigrama Directorio.



Elaboración Propia en base a información Reporte 2017.

En el Equipo Ejecutivo que se observa en la Ilustración 1.3, cuenta con siete gerencias corporativas, las que le reportan de manera directa al Gerente General, quien a su vez y de forma periódica, reporta al Directorio.

Ilustración 1.3: Organigrama Equipo Ejecutivo.



Elaboración Propia en base a información Reporte 2017.

1.1.4 Cadena de Distribución

Agrosuper cuenta con una extensa red de distribución, la cual se compone por sucursales desde Arica a Punta Arenas y oficinas comerciales en diferentes lugares del mundo, lo que permite una cercanía con los clientes y consumidores, logrando atender todos sus requerimientos.

Se cuenta con más de 25 sucursales a lo largo de Chile, que permiten llegar con los productos a más de 300 comunas, lo que representa más del 98% de la población del país y mantiene 424 camiones pertenecientes a la flota de camiones externos, los cuales se mueven en 2 tramos, desde procesadoras a sucursales y de sucursales realizan el despacho de los productos a clientes. En base a estos despachos de productos a los clientes se tiene un 85% de eficiencia en nivel de servicio a nivel nacional. [Reporte Integrado. Agrosuper17]

1.1.5 Segmentación y Canales de Venta

Para Agrosuper sus clientes y consumidores son de vital importancia, dado esto es necesario tener una diferenciación entre ellos, teniendo un sistema de segmentación, que permita conocer de manera fácil y sencilla grupos de clientes con necesidades y características similares. Esto facilita la asignación de recursos para potenciar segmentos de interés.

1.1.5.1 Canal Tradicional

Se compone de clientes pequeños, más conocidos como la tienda de la esquina o almacén de barrio, *minimarkets* y carnicerías, o negocios que presentan un surtido de productos. Presentan el mayor porcentaje de clientes, teniendo más de 40.000 clientes, representando aproximadamente un 30% del mercado. Para la Sucursal de Viña del Mar, este canal representa un 77% de los clientes que abastece.

Este canal se divide según criterios de potencial y tipos de compras, teniendo la siguiente clasificación:

- Multiespecialistas

Dentro del Canal Tradicional, son los clientes más grandes, los cuales tienen locales que poseen máquinas exclusivas para sus productos, esto significa, que posee un mesón frigorífico exclusivo para crudos, otro exclusivo para cecinas y otra máquina congeladora para productos que la requieran. Este tipo de clientes posee un gran

poder a la hora de hacer negociaciones y adquirir grandes niveles de mercadería, es por esto que al mes pueden llegar a comprar cinco veces productos procesados y ocho veces productos crudos, dentro de esto, mercadería fresca y congelada. Sus principales necesidades es tener una variedad de productos para la venta, tener una alta frecuencia de entrega de mercadería y buscan puntualidad en sus pedidos.

- Especialista en Crudo

Son clientes que, como su nombre lo indica, son especialistas en productos crudos, esto significa que adquieren mercadería solo cruda, es por esto que poseen cámaras de frío y mesones especiales, son más conocidos como “carnicerías”. Estos clientes adquieren constantemente mercadería, logrando tener alta rotación de sus productos, es por esta razón que en promedio pueden llegar a comprar diez veces mensualmente. Las principales necesidades que poseen es tener buenas ofertas de precio, lograr llegar a tener alta rotación de sus productos y tener alta frecuencia de entrega de mercadería.

- Especialista en Procesados

Son clientes especialistas en procesados, esto quiere decir, que poseen maquinas de frio con presencia de cecinas, elaborados, hortalizas y frutas. Estos clientes buscan tener alta rotación, es por esto que ofrecen variadas marcas de un mismo producto y hacen compras más pequeñas y lejanas, llegando a realizar aproximadamente seis compras mensuales. Sus principales necesidades se basan en tener variados productos de alta rotación y tener un correcto *layout* de las máquinas, para lograr tener una buena visibilidad de todos sus productos.

- Emprendedor

Se trata de los clientes más pequeños del Canal Tradicional, pero forman el grupo más grande en cantidad de clientes. Son clientes que cuentan con un local de espacio pequeño anexado a su vivienda y que posee escasa capacidad para poder almacenar inventario, es por esta razón que ellos cuentan como muy pocos o un sólo proveedor, buscando comprar a precio de mercado y ofreciendo una variada gama de productos. Al mantener pocos o un proveedor, estos clientes se caracterizan por ser muy fieles a la empresa si es que reciben un buen nivel de servicio y una buena calidad de productos. Aproximadamente adquieren mercadería cuatro o cinco veces mensualmente y tienen necesidades como, adquirir productos de alta rotación, tener pocos proveedores y tener un buen cumplimiento de entrega de productos.

1.1.5.2 Canal Supermercados

Corresponde a grandes clientes a nivel nacional o internacional, teniendo establecimientos donde se venden alimentos y otros tipos de productos. Estas tiendas pueden ser parte de una cadena, que normalmente poseen más establecimientos o sedes en la misma ciudad, como lo son Cencosud Retail S.A., Hipermercados Tottus S.A. y Walmart Chile S.A., entre otros, representando el mayor porcentaje de ventas para la empresa. Este canal representa un 1% de los clientes que satisface la Sucursal de Viña del Mar al ser solo quince locales dentro de la zona.

1.1.5.3 Canal *Foodservice*

Son clientes clasificados HORECA, esto significa que el canal se compone de Hoteles, Restaurantes, casinos, cadenas de comidas rápidas, empresas e instituciones. Poseen una mayor capacidad de compra que los clientes de Canal Tradicional, pero para la Sucursal de Viña del Mar representa un 22% de sus clientes.

1.1.5.4 Canal Industrial

Se compone de empresas y fábricas que poseen plantas frigoríficas o casinos propios en donde consumen los productos. Además de clientes que procesan los productos, es decir, su materia prima se compone de productos de Agrosuper, como procesadoras de alimentos, cecineras, entre otros. Solo cuatro clientes componen este canal para la Sucursal de Viña del Mar, representando el menor porcentaje de clientes.

1.1.5.5 Canal Grandes Clientes

Representa a clientes muy similares a los del Canal Supermercados pero en menor escala, es decir, son compañías o sociedades que se dedican a la venta de productos en menores cantidades y poseen varios locales. Para la Sucursal de Viña del Mar representa un mínimo porcentaje de cantidad de clientes, ya que, solo abastece a 13 clientes de este segmento en la zona.

1.2 Descripción del proceso de Distribución

Las sucursales están encargadas de distribuir los productos dentro de cada región o zona establecida, la cual recepciona, almacena y distribuye la carga de mercadería proveniente desde faenadoras o elaboradoras a lo largo del país. Cada una de estas fases son de importancia para el funcionamiento de la sucursal, en este caso, se toma como punto central la distribución de los productos. Los procesos dentro de esta fase son:

1. Recepción pedidos: Los pedidos son recepcionados por tres vías, la primera es realizada por preventistas, los cuales van presencialmente a los locales, la segunda es por *call center*, es decir, un ejecutivo realiza llamadas a los clientes y por último vía *online* por medio de la página *web* de la empresa.

Estos pedidos son clasificados de acuerdo a la forma de ser recepcionados, esto se detalla a continuación:

- Preventa: Los pedidos realizados a los preventistas solo pueden contener productos de cecina, elaborado y hortalizas, es decir, productos procesados, los cuales son entregados a los clientes dentro de 48 horas a partir de tomado el pedido desde una aplicación en el teléfono móvil del preventista.
- *Call Center*: Los ejecutivos realizan las llamadas a los clientes el día anterior a la visita del vendedor, ya que, los pedidos realizados por ellos solo se componen de productos crudos, los cuales salen de la sucursal 24 horas de tomado el pedido.
- Vía *online*: Este sistema es el más utilizado por los supermercados y grandes clientes. Por esta vía se pueden realizar pedidos con productos procesados y crudos.

Luego de realizados los pedidos, estos son ingresados y descargados al sistema informativo SAP, para realizar los informes correspondientes y organizar los pedidos en bodega para la entrega posterior.

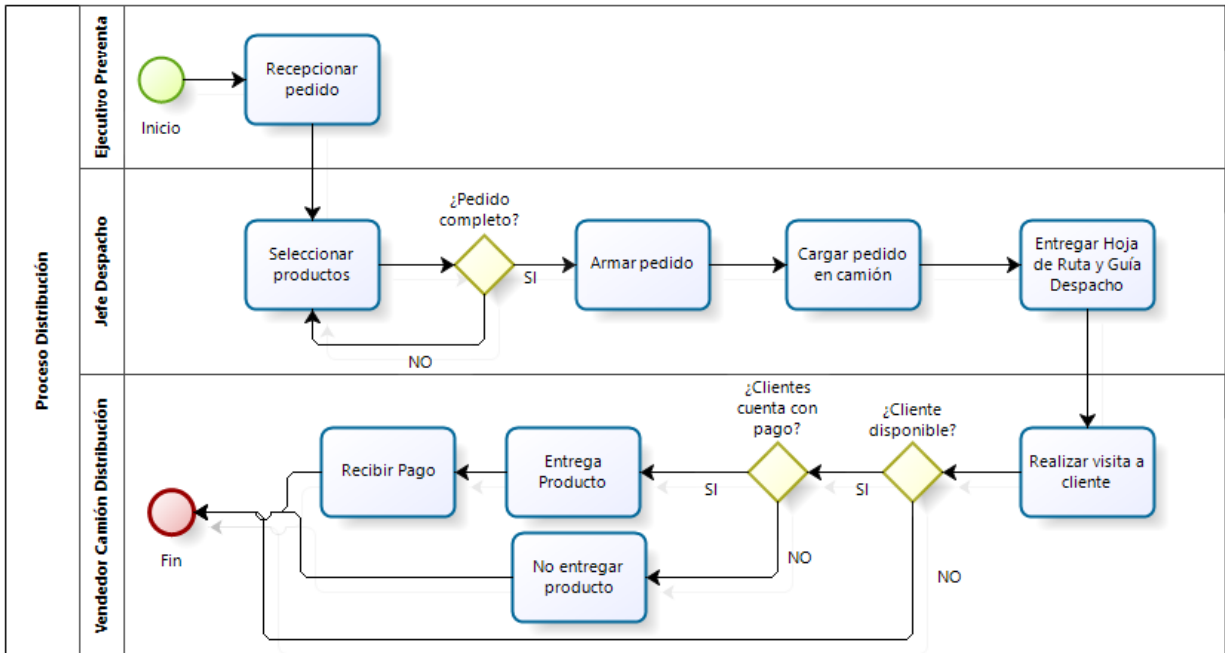
2. Armado o Preparación de Pedidos: Dentro de la bodega, trabajan por turno grupos de personas encargadas de ordenar la mercadería nueva que llega a la sucursal y armar los pedidos realizados por los clientes. Al tener los pedidos armados con la autorización del jefe de despacho son posteriormente cargados en los camiones de distribución, a los cuales, se les entrega una hoja en la cual se detalla los pedidos con los clientes correspondientes, llamada "Hoja de Ruta", en conjunto con la guía de despacho, el cual es requerido por Servicio de Impuestos Internos para acreditar que el producto pueda ser facturado y en la cual se detallan todos los productos cargados (pedidos y productos para autoventa) ordenados de acuerdo a tipo (pollo, pavo, cerdo, etc.). Estos dos documentos son de importancia, ya que, si en la Hoja de Ruta

sale algún producto el cual no se encuentra en el camión, esto se respalda con la guía de despacho, lo cual da paso a que el vendedor tenga mayor control sobre la mercadería cargada en el camión.

3. Distribución de Pedidos: Esta etapa corresponde al reparto, venta y recepción de la mercadería por parte de los clientes dentro de la zona de reparto que tiene asignado cada vendedor. Esta entrega es registrada en un aparato computacional llamado IPACK, el cual se encuentra conectado al sistema de la empresa, la cual sube automáticamente las entregas indicadas por el vendedor, y al servicio de impuestos internos que registra la emisión de la factura de los productos, además de tener la aplicación BEETRACK, la cual por medio de GPS registra la ruta de éste.
4. Rendición de Cuentas: Al terminar la distribución de la mercadería, el vendedor debe rendir cuentas en la caja de la sucursal, es decir, debe desarrollar un proceso en el cual se entrega el resumen de las ventas del día, devoluciones y pagos, realizados en efectivo o cheques.

En la Ilustración 1.4 se representan las principales actividades desarrolladas dentro del proceso de distribución con sus respectivos encargados de su realización.

Ilustración 1.4: Diagrama Proceso Distribución.



Elaboración Propia.

2 Capítulo: Planteamiento del Problema

En el próximo capítulo se describe y analiza la situación actual que se vive en la Sucursal de Viña del Mar, se explica el problema a resolver y los objetivos que se buscan con este trabajo.

Para lograr el desarrollo de la situación actual que vive la empresa, es preciso definir una base de trabajo que de un escenario temporal, es por esto que se trabaja con datos recopilados y entregados por la empresa, los cuales se comprenden entre Agosto y Diciembre de 2017 de la Sucursal de Viña del Mar de Agrosuper.

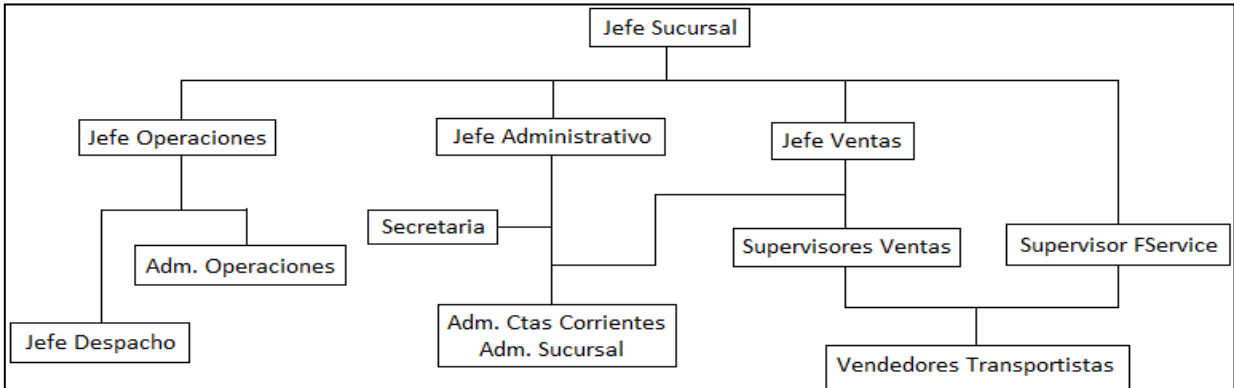
2.1 Sucursal Viña del Mar

Como anteriormente se señaló, Agrosuper es un *holding* con gran cantidad de participación en el mercado, por ende posee variadas sucursales a lo largo de Chile, contando con treinta uno de ellas, logrando satisfacer una gran cantidad de clientes. Dentro de estas, en el séptimo lugar en participación por sucursal se encuentra la Sucursal de Viña del Mar, teniendo un 3,52% en base a las ventas en kilogramos, como se puede verificar en el Anexo 1, en donde se visualizan todas las Sucursales de Chile con su respectiva participación.

Dado esto, la Sucursal Viña del Mar es un centro de almacenamiento y distribución de productos de las marcas pertenecientes a Super Pollo, Super Cerdo, Sopraval, La Crianza, Super Salmón y King. Los productos son repartidos por 26 camiones de distribución, los cuales son pertenecientes a transportistas externos a la empresa con rutas en Valparaíso, Viña del Mar, Concón, Quilpué, Villa Alemana, Peñablanca y Casablanca. Estas rutas son compuestas de distintos tipos de clientes o de solo un tipo, es decir, puede tener clientes minoristas y negocios de barrios, como pueden tener Supermercados o Grandes empresas.

En la Ilustración 2.5 se presenta el Organigrama de la Sucursal, en la cual, se logra observar que se tienen distintas áreas, algunas de ellas son, el área de operaciones, el área de administración, el área de ventas y el área de planificación.

Ilustración 2.5: Organigrama Sucursal Viña del Mar.



Elaboración Propia en base a información entregada por Sucursal.

2.1.1 Área Operaciones Sucursal Viña del Mar

El área de operaciones perteneciente a la subgerencia de sucursales, es la encargada de la organización de sectores de trabajo, realiza la planificación de los pedidos y tiene extrema relación con bodega y despacho. Por otro lado, es la encargada de asignar los clientes antiguos y nuevos a los camiones (transportistas) y formar las rutas de reparto.

Esta área representa el sistema de control dentro de la sucursal, sabiendo el inventario de productos en bodega, el volumen o cantidad de productos pedidos por los clientes, el horario en el cual se atienden los clientes grandes que tiene la sucursal y con toda la información que manejan son los encargados de realizar informes diarios, inventarios, tendencias, entre otros, de las existencias de productos que se tienen en bodega y de los productos vendidos.

2.2 Análisis de Situación Actual

Haciendo énfasis a lo anteriormente comentado, la Sucursal de Viña del Mar, mantiene grandes movimientos de mercadería, gracias a los porcentajes de ventas que realiza, es por esta razón, que se hace necesario realizar un análisis detallado de todas las variables que participan en los procesos de la Sucursal, para llegar a establecer un modelo que la beneficie en todos los ámbitos y ayude a cumplir las metas propuestas.

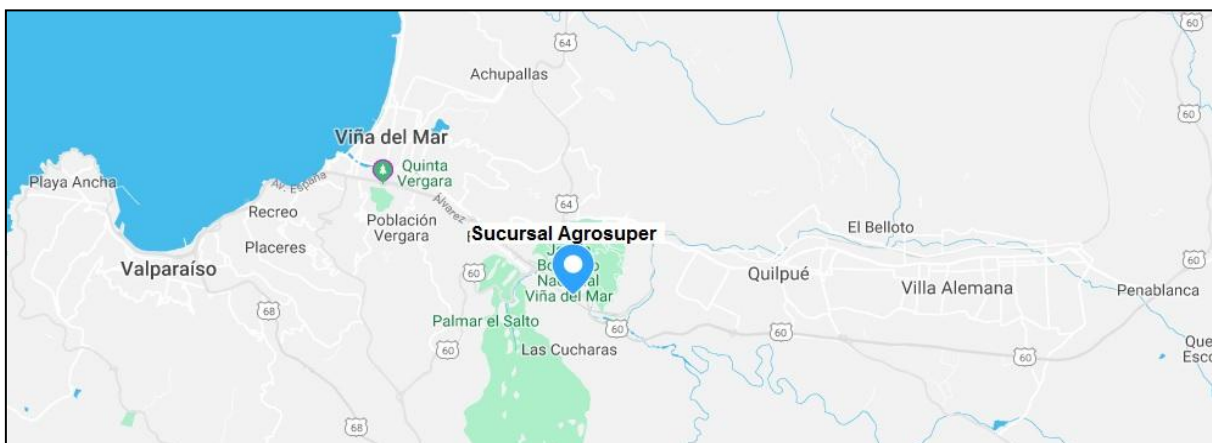
Para comenzar con el análisis se deben definir y comprender los agentes o variables más importantes dentro del proceso de distribución, el cual se explicó anteriormente. Estos agentes y variables se identifican a continuación:

- Sucursal
- Clientes
- Flota de camiones de distribución
- Zonas de Reparto

2.2.1 Sucursal

La Sucursal de Viña del Mar corresponde al lugar o bodega en donde los camiones de distribución son cargados con mercadería, además de ser el punto inicial y final de su ruta de distribución, es por esta razón que se ubica estratégicamente en Viña del Mar, específicamente en el barrio industrial del sector El Salto, teniendo fácil acceso a rutas, carreteras y permitiendo abarcar todas las comunas y clientes de la Región. En la Ilustración 2.6 se observa la localización del centro de distribución.

Ilustración 2.6: Ubicación Sucursal Viña del Mar, Agrosuper.



Elaboración Propia en MapCity.

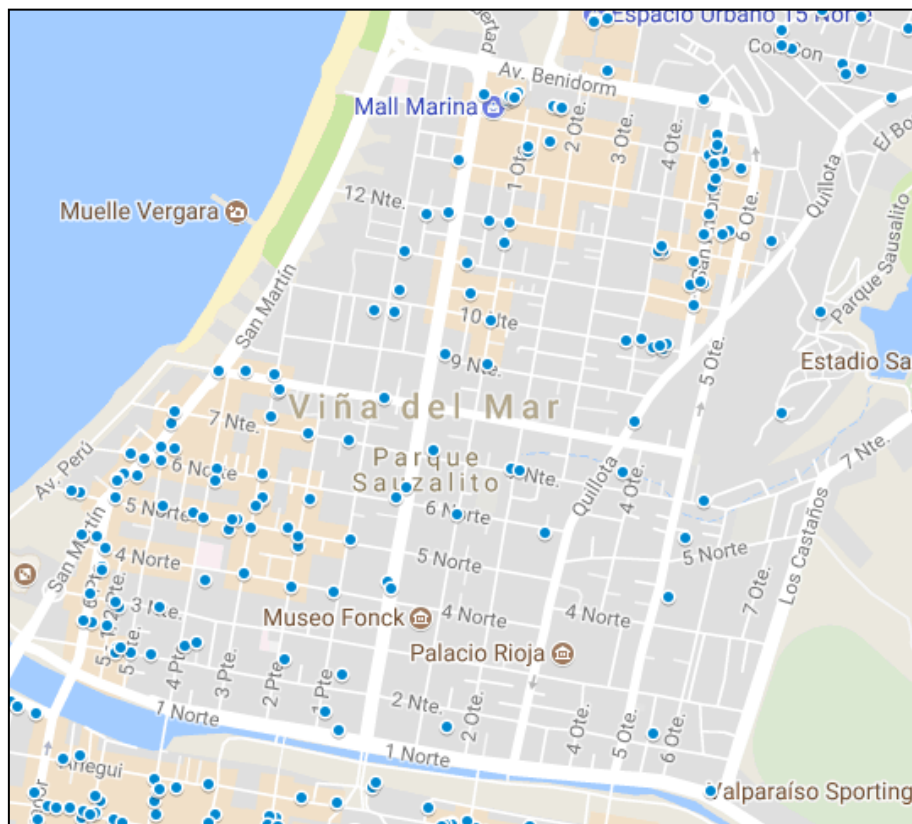
2.2.2 Clientes

La Sucursal de Viña del Mar posee una cartera de 2.869 clientes entre todos los canales de venta que se tienen en la Región, todos estos se encuentran ingresados en la base de datos manejada por el *Software* “SAP BW”.

De esta plataforma se descargaron datos de todos los clientes, como información personal e información detallada de sus compras, es decir, de cada cliente se obtuvo su dirección, coordenadas geográficas, tipo de cliente y cantidades de compra.

Teniendo esta información se verifica la ubicación de cada cliente para comprobar y confirmar que estos se encuentren dentro de la zona de distribución de la Sucursal. Si estos datos no corresponden, son verificados en la base de datos de la aplicación BEETRACK y modificados, luego de esto, los clientes son graficados mediante el *software My Maps* como se muestra en la Ilustración 2.7.

Ilustración 2.7: Ejemplo de Georreferenciación de los clientes en Viña del Mar.



Elaboración Propia en My Maps.

Posterior a esto se procedió a identificar las frecuencias de entrega de los clientes y los días en los cuales se les realiza reparto, realizar esto es fundamental, ya que favorece la toma de decisiones a nivel estratégico para asignar los recursos de la mejor forma posible.

Estos datos permiten dar una clasificación a cada cliente acorde a su conducta de compra, para así plantear opciones en base a ofertas las cuales sean llamativas para ellos según sus necesidades y gustos. Esta clasificación se hace en base a las entregas realizadas por semana y se explica cada una a continuación.

- Frecuencia 6

Comprende clientes que realizan compras en grandes cantidades todos los días de la semana, esto quiere decir, que compran de Lunes a Sábado. Se compone principalmente de clientes del Canal de Supermercados, ya que son los clientes más grandes de la Sucursal.

- Frecuencia 5

Reúne clientes que adquieren mercadería casi toda la semana, solo un día no se les realiza reparto y no es necesario que sea un día definido, ya que, se considera dentro de la ruta de todos los días aun que no se tenga mercadería para esos clientes. Se compone principalmente de clientes del Canal Tradicional, que poseen mayor capacidad de compra, como los Multiespecialistas. A la vez, posee clientes de otros canales pero en menor porcentaje.

- Frecuencia 4

Los clientes que poseen esta frecuencia poseen alto nivel de rotación de sus productos, además de adquirir productos crudos, los cuales se entregan en intervalos de tiempo más pequeños para mantener su calidad y frescura. Contiene clientes de la mayoría de los canales, teniendo su mayor porcentaje los clientes del Canal Tradicional, seguido del Canal de Supermercado y *Foodservice*.

- Frecuencia 3

Comprende clientes que adquieren productos crudos y congelados de alta rotación. Corresponde mayormente a clientes del Canal Tradicional y Supermercados, seguido de clientes de *Foodservice* y Grandes Clientes.

- Frecuencia 2

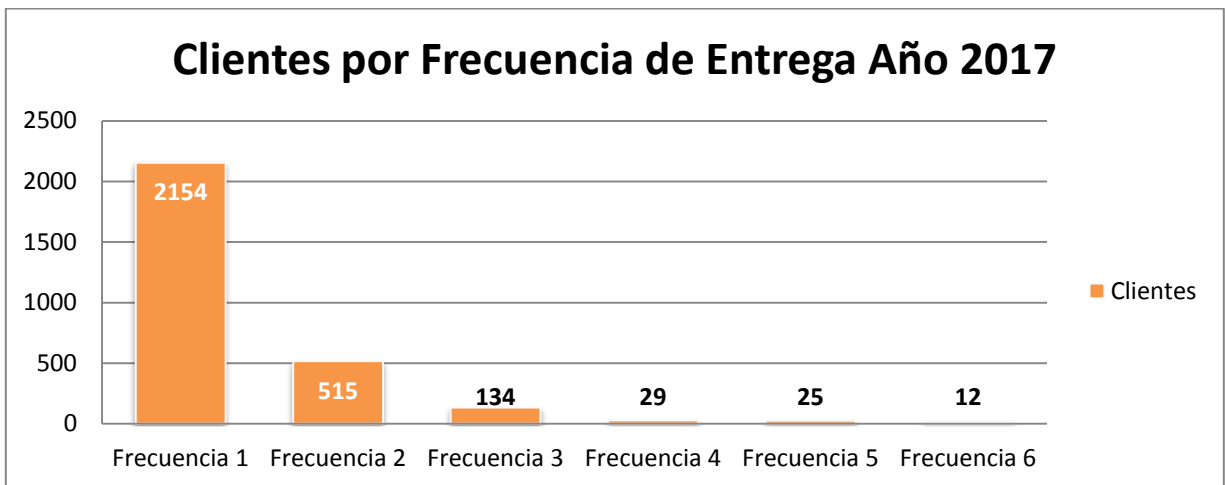
Los clientes incluidos en esta frecuencia son clientes de pequeño tamaño que adquiere productos procesados con alta rotación. Principalmente este grupo se compone de clientes del Canal Tradicional y *Foodservice*.

- Frecuencia 1

Se comprende de los clientes más pequeños que satisface la sucursal, normalmente piden una vez a la semana productos procesados o productos crudos de mayor duración de caducidad. Contiene clientes mayoritariamente del Canal Tradicional y *Foodservice*, seguido de clientes pequeños del Canal Supermercados.

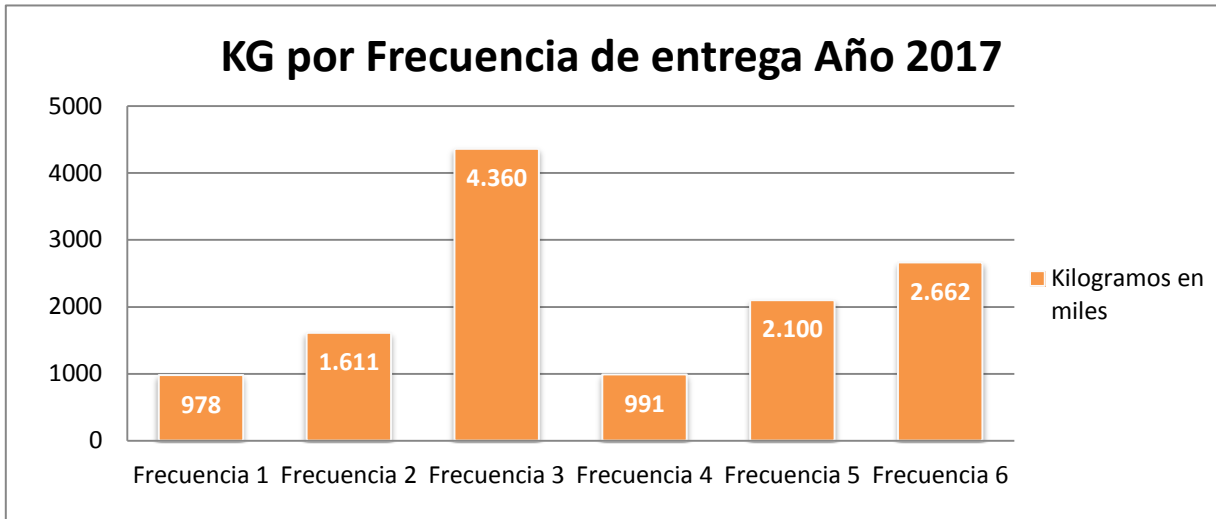
En la Ilustración 2.8 se especifica la cantidad de clientes que tiene cada segmento de Frecuencia de entrega o reparto.

Ilustración 2.8: Cantidad de Clientes por Frecuencia de entrega.



Elaboración Propia de Base de datos entregado por Sucursal.

Del grafico anterior se puede inferir que el mayor número de clientes poseen Frecuencia 1, gran parte de ellos pertenecen al Canal Tradicional y el menor número de clientes mantiene Frecuencia 6, los cuales son del Canal Supermercados. A pesar de los datos obtenidos por cantidad de clientes, se obtienen otras conclusiones en base a los kilogramos dentro de la misma clasificación, esto se demuestra en la Ilustración 2.9.

Ilustración 2.9: Cantidad de Kilogramos por Frecuencia de entrega.**Elaboración Propia de Base de datos entregado por Sucursal.**

De acuerdo a la Ilustración 2.9, los clientes de Frecuencia 3 son los que demandan la mayor cantidad de mercadería, en base a kilogramos, dispuesta para la distribución, seguido de la Frecuencia 6, que a pesar de estar constituidos por el menor número de clientes, adquieren una gran cantidad de kilogramos. A la vez, se puede observar en el segmento de la Frecuencia 1, que la cantidad de clientes no es proporcional a la cantidad de kilogramos que ellos adquieren, ya que son un gran número de clientes pero son el grupo que tiene el menor volumen de compras.

2.2.3 Flota de Camiones de Distribución

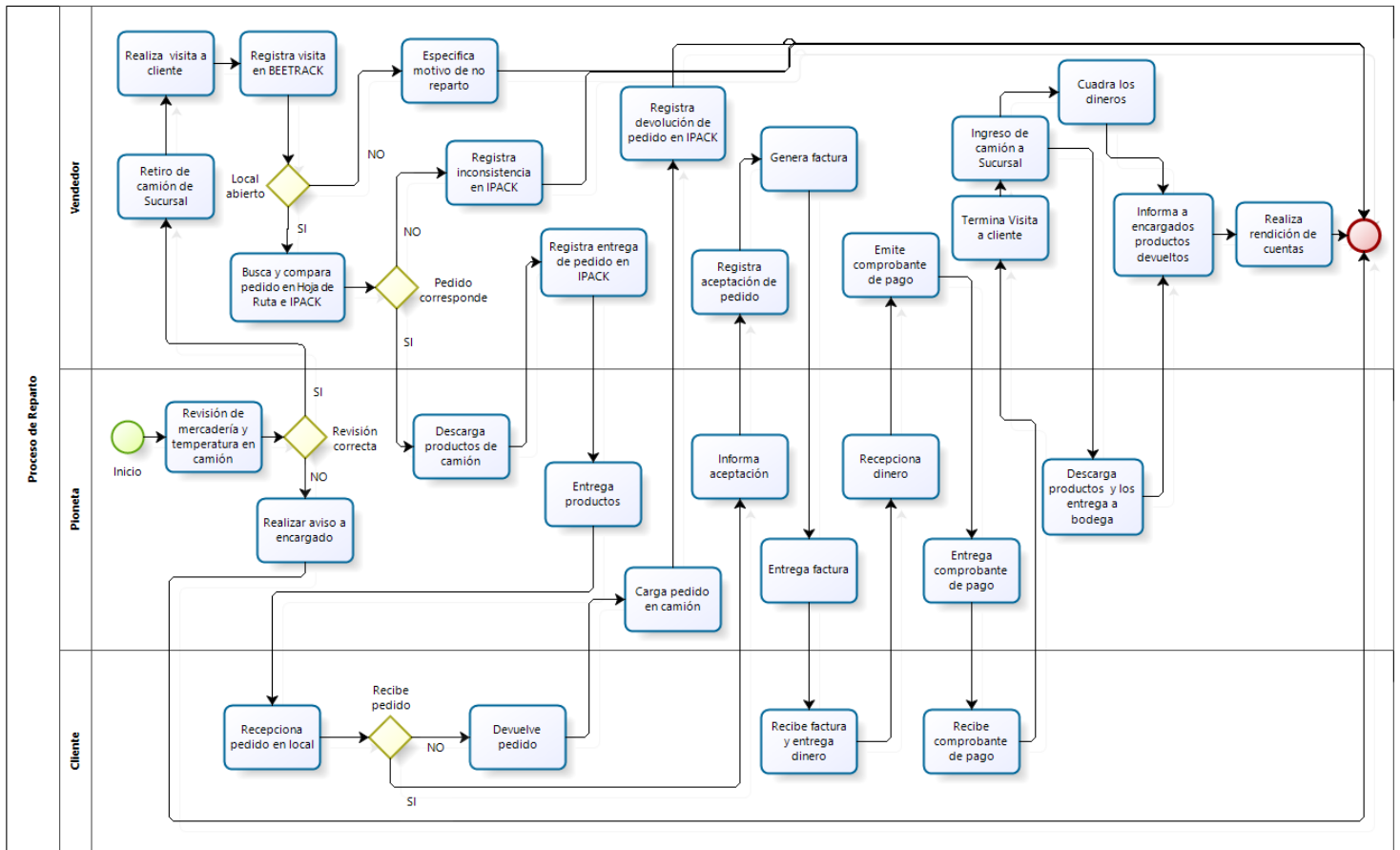
Para la distribución de productos se dispone de una flota de camiones, los cuales buscan satisfacer las necesidades de los clientes entregando los productos de las marcas de una forma oportuna logrando prolongar su calidad y condiciones, conservando su temperatura adecuada y el tiempo de entrega propuesto.

Para la Sucursal de Viña del Mar, la flota se dispone de 26 camiones, los cuales se encuentran equipados con una cámara de frío cuya temperatura promedio varía entre -2 a 2 grados Celsius, y logrando transportar un máximo de 5.000 kg. Del total (26 camiones), solo un camión se enfoca solamente en entregas de productos “crudos y congelados” y los demás 25 de ellos realizan entregas a todo tipo de clientes. En el Anexo 2 se especifican las empresas transportistas, los 26 vendedores y la patente de cada camión transportista.

Los camiones realizan entregas siguiendo una “Hoja de Ruta”, en la cual, se especifican los clientes con los productos pedidos. Esta hoja es fundamental conjunto con la Guía de despacho, ya que, ayuda a mantener un orden y conteo de los productos entregados y no entregados, es decir, los productos que mantienen en la cámara de frío.

En la Ilustración 2.10, se procede a mostrar el proceso de distribución de los camiones, centrado en la entrega de los productos al cliente.

Ilustración 2.10: Diagrama de Proceso de Reparto.



Elaboración Propia.

El personal de cada camión se compone de 2 o 3 personas que mantienen distintas funciones, como:

- **Vendedor:** Es el encargado de registrar las visitas a los clientes en BEETRACK, manejar y realizar todos los procesos en IPACK. Su principal misión es transportar los productos desde la Sucursal a los clientes y reunir el dinero de las ventas generadas.

- Pioneta: El personal está compuesto de 1 o 2 personas, que están encargados de hacer revisiones, descargar la mercadería de la cámara de frío del camión y entregarla al cliente conjunto con documentos. Es de gran ayuda para el vendedor, ya que, agiliza el proceso de entrega logrando que el vendedor se centre solo en sus funciones.

El sistema que se utiliza actualmente consiste en asignar clientes a cada vendedor, dependiendo del lugar geográfico donde se encuentra ubicado y la cantidad de clientes que ya posee el vendedor. Se busca que cada vendedor tenga una cantidad alta de clientes para lograr un alto número de visitas diariamente, para con esto conseguir utilizar la capacidad máxima de la cámara de frío de cada camión, es decir, se busca que cada camión entregue lo máximo de productos posibles.

De acuerdo a esto, se presenta en la Tabla 2.2 el número en promedio de visitas por vendedor mensualmente, este dato se calculo de acuerdo a los promedios de visitas que se realizaron entre los meses de Agosto y Diciembre del 2017, el detalle de estos meses se muestran en el Anexo 3.

Tabla 2.2: Cantidad de Visitas Mensuales por Vendedor.

Vendedor	Promedio Entregas
Vendedor 1	92
Vendedor 2	764
Vendedor 3	689
Vendedor 4	105
Vendedor 5	284
Vendedor 6	553
Vendedor 7	655
Vendedor 8	782
Vendedor 9	645
Vendedor 10	76
Vendedor 11	86
Vendedor 12	820
Vendedor 13	814
Vendedor 14	739
Vendedor 15	63
Vendedor 16	887
Vendedor 17	125
Vendedor 18	519
Vendedor 19	90
Vendedor 20	184
Vendedor 21	801
Vendedor 22	763
Vendedor 23	89
Vendedor 24	701
Vendedor 25	924
Total Entregas	12247

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

Al observar la tabla anterior, se muestra que el Vendedor 25 presenta el mayor promedio de entregas mensuales, al contrario se presenta el Vendedor 15 con el menor promedio. En base a estos datos, se procede a realizar un análisis diario para obtener la cantidad de visitas o entregas por día de la semana y por vendedor, este detalle diario de acuerdo a los meses de estudio se evidencia en el Anexo 4, logrando especificar el promedio de visitas en los días de trabajo de la empresa durante los meses estudiados y abarcando completa la flota de distribución, como se observa en la Tabla 2.3. A través de la obtención del promedio de visitas o entregas se puede cuantificar un promedio de visitas diarias por cada vendedor, donde el promedio total se divide por los 25 camiones de distribución.

Tabla 2.3: Promedio de Visitas por Día.

Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Total de entregas	8931	11138	13825	15086	13184	10846
Promedio entrega	388	464	553	580	549	417
Promedio Vendedor	16	19	22	23	22	17

Elaboración Propia.

Se aprecia en la tabla previa, que durante los días Miércoles, Jueves y Viernes, se tiene la mayor cantidad de entregas, por ende, se producen las mayores ventas en Kilogramos durante esos días.

De acuerdo a las visitas diarias que se realizan, los 25 camiones logran abastecer una demanda total de 12.704.141 kilogramos en promedio durante los seis meses analizados. En la Tabla 2.4 se logra observar el detalle numérico de kilos entregados en base a los días de la semana.

Tabla 2.4: Cantidad de Kilogramos por Día.

Mes	Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
7	27	47.647	58.116	74.809	85.146	101.493	91.837
7	28	45.501	68.033	77.695	86.386	98.637	84.760
7	29	58.085	67.334	69.794	80.471	90.478	73.480
7	30	45.531	60.531	77.790	98.486	121.143	88.319
8	31	59.947	72.023	73.909	82.738	97.625	101.799
8	32	41.894	58.168	84.968	94.152	116.246	76.696
8	33	56.899	Feriado	62.867	83.689	84.112	92.310
8	34	45.432	52.056	64.815	93.018	102.318	73.459
8	35	56.373	75.869	71.321	80.811	99.086	77.601
9	36	53.351	76.228	79.338	85.129	132.844	92.959
9	37	93.194	108.678	96.688	118.346	134.220	128.080
9	38	Feriado	Feriado	51.128	79.264	95.277	99.689
9	39	47.336	55.026	65.175	85.785	105.844	94.532
10	40	47.428	72.697	92.977	112.046	140.482	112.397
10	41	Feriado	44.483	63.296	98.172	-275.799	86.821
10	42	437.971	63.514	78.469	87.671	113.630	92.598
10	43	53.647	66.843	105.171	117.723	Feriado	94.708
10	44	68.912	94.697	Feriado	87.811	125.990	104.683
11	45	68.176	70.722	72.175	83.967	88.516	82.677
11	46	61.308	70.391	94.357	98.278	108.746	101.087
11	47	48.816	83.966	90.928	96.622	109.307	101.204
11	48	61.404	66.543	77.841	102.912	121.050	100.791
12	49	66.389	78.289	107.159	134.462	Feriado	96.372
12	50	63.613	73.525	80.038	101.530	129.621	79.081
12	51	64.387	90.698	103.426	109.444	115.013	101.984
12	52	Feriado	66.831	75.251	118.380	126.855	115.798

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

Dado esto, se verifico la capacidad ociosa que se tiene entre todos los camiones de la sucursal, esto se muestra en la Tabla 2.5. Estas cifras se obtienen realizando una comparación con la capacidad total de los camiones, es decir, la capacidad de 5.000 KG se multiplico por la flota (25 camiones), obteniendo los Kilos máximos a transportar. De acuerdo a esto, se procede a dividir el promedio de KG por día con los Kilos Máximos para obtener la capacidad total utilizada de la flota. Al restar el porcentaje de la capacidad utilizada a un 100%, se consigue el valor de la capacidad total ociosa de la flota.

Tabla 2.5: Capacidad Ociosa por Día.

Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Kilos Totales	1.636.342	1.583.947	1.991.385	2.502.439	2.558.533	2.445.722
Promedio KG por día	73.619	70.636	79.655	96.248	111.241	94.066
Kilos Máximos	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000
Capacidad Utilizada	59%	57%	64%	77%	89%	75%
Capacidad Ociosa	41%	43%	36%	23%	11%	25%

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

De acuerdo a estos datos, los días Lunes y Martes, presentan el mayor porcentaje de capacidad ociosa, dado que son los días con menores ventas. Por otro lado, el día Viernes es el más fuerte en ventas, presentando el menor porcentaje de capacidad sin utilizar, esto se debe por el abastecimiento de los locales para el fin de semana.

2.2.4 Zonas de Reparto

La Sucursal de Viña del Mar satisface clientes pertenecientes a la Región de Valparaíso, abarcando más de 300 km². Esta zona se encuentra divididas en 22 Zonas de Reparto, las cuales son atendidas por 22 camiones y otros que se trasladan dentro de varias de estas zonas atendiendo clientes pertenecientes a los canales de *Foodservice* y Supermercados.

Estas zonas se especifican en la Tabla 2.6, en la cual se muestra cuantas zonas corresponden a cada comuna y los vendedores encargados de realizarles distribución.

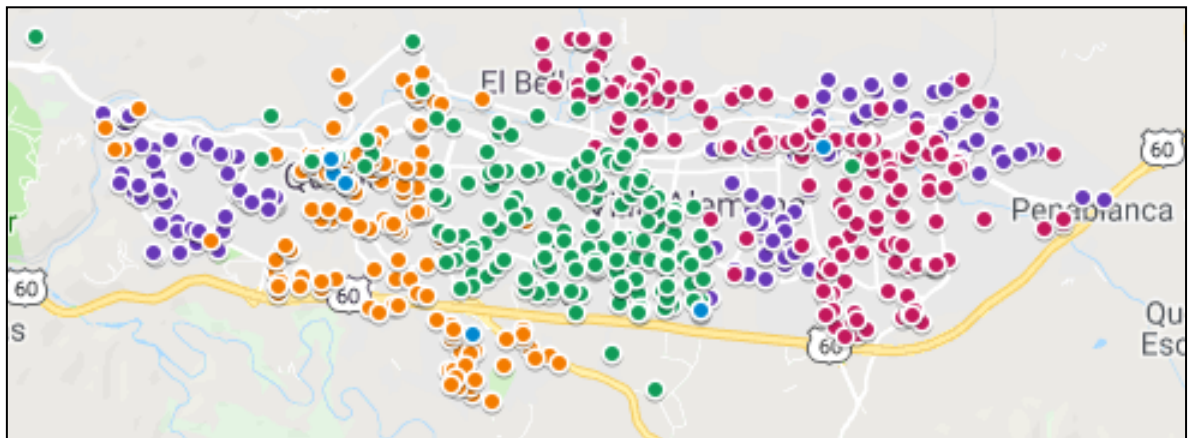
Tabla 2.6: Zonas de Reparto.

Comuna	Zonas	Vendedor
Valparaíso	4	Vendedor 3
		Vendedor 16
		Vendedor 22
		Vendedor 24
Curauma	1	Vendedor 18
Casablanca	1	Vendedor 6
Viña del Mar	7	Vendedor 2
		Vendedor 8
		Vendedor 14
		Vendedor 20
		Vendedor 21
Concon	1	Vendedor 14
Quilpue	3	Vendedor 7
		Vendedor 12
		Vendedor 13
Villa Alemana	3	Vendedor 7
		Vendedor 9
		Vendedor 12
Peñablanca	2	Vendedor 7
		Vendedor 9

Elaboración Propia.

Un tema que se evidencia es que existen camiones que realizan entregas en las zonas de reparto que corresponden a otro vendedor, por otro lado, estas zonas no se encuentran delimitadas provocando mezclas de clientes entre vendedores, alta capacidad ociosa, diferencias entre jornadas de trabajo, entre otros eventos que se especifican más adelante. Estas situaciones se visualizan en la Ilustración 2.11, que muestra los vendedores (cada uno de un color) que atienden las comunas de Quilpué, Villa Alemana y Peñablanca.

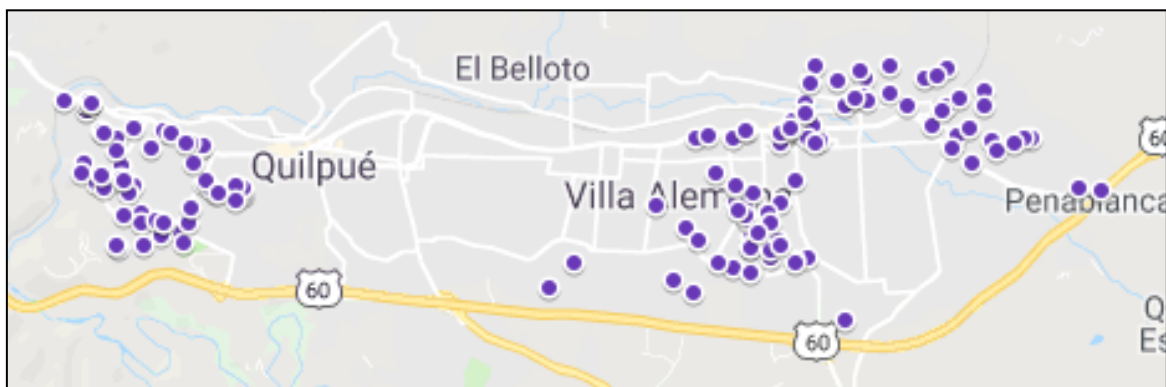
Ilustración 2.11: Mapa de comunas con vendedores.



Elaboración Propia en My Maps.

Como se muestra en la Ilustración 2.11, las zonas no mantienen algún tipo de frontera o borde, provocando que clientes de algunos vendedores se encuentren en la zona de otro vendedor y al momento de realizar la distribución se produzcan distintos tipos de problemas al tener que realizar visitas a clientes que se encuentran alejados de su zona de reparto. Esto lo observaremos en la Ilustración 2.12, en la cual se enseñan los clientes asignados al Vendedor 7.

Ilustración 2.12: Clientes de Vendedor 7.



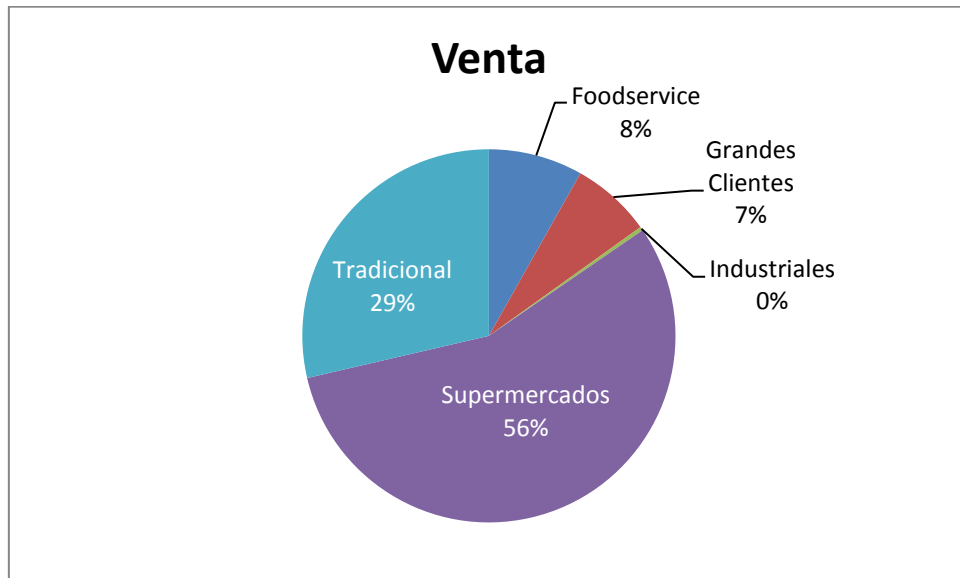
Elaboración Propia en My Maps.

Tabla 2.7: Venta en KG y Cantidad de Clientes en base a Segmento año 2017.

Segmento o Tipo de cliente	Cantidad Clientes	Venta en KG
Foodservice	650	1.037.769
Grandes Clientes	49	880.306
Industriales	4	40.565
Supermercados	72	7.108.047
Tradicional	2094	3.637.454
Total general	2869	12.704.141

Elaboración Propia.

Para la mejor comprensión de estos datos, se realizó una grafica donde se muestran en porcentaje los valores de venta de acuerdo a cada tipo de cliente.

Ilustración 2.14: Porcentaje de Venta por Tipo de Cliente.

Elaboración Propia.

De acuerdo a la Ilustración 2.14, se tiene que el mayor porcentaje de ventas, es decir, la mayor cantidad de demanda es producida por el Canal Supermercados aunque posee un número pequeño de clientes, esto se debe principalmente a la alta demanda y rotación que poseen estos locales. Son seguidos por el Canal Tradicional, que mantiene una gran cantidad

de clientes, incluso el mayor porcentaje de la zona, pero realizan compras con menores volúmenes, aun así son el segundo porcentaje más alto de demanda. Los clientes pertenecientes al Canal Tradicional no tienen mayor peso si se estudian individualmente pero en conjunto son de gran importancia, creando un considerable volumen de ventas.

Al seguir analizando como se encuentra la situación de la empresa actualmente, se lograron verificar las 4 variables anteriormente mencionadas y explicadas, pero en conjunto con éstas se presenta otro escenario que es más pequeño pero no menos importante.

Actualmente, las rutas de la Flota de Distribución son determinadas por una aplicación llamada BEETRACK, en la cual se ingresan los clientes a atender en el día por cada camión de distribución y la aplicación entrega automáticamente la ruta más corta entre los clientes. El modelo ocupado por esta aplicación no toma en consideración variables importantes para lograr obtener una ruta dentro de los parámetros de la empresa ni de los vendedores.

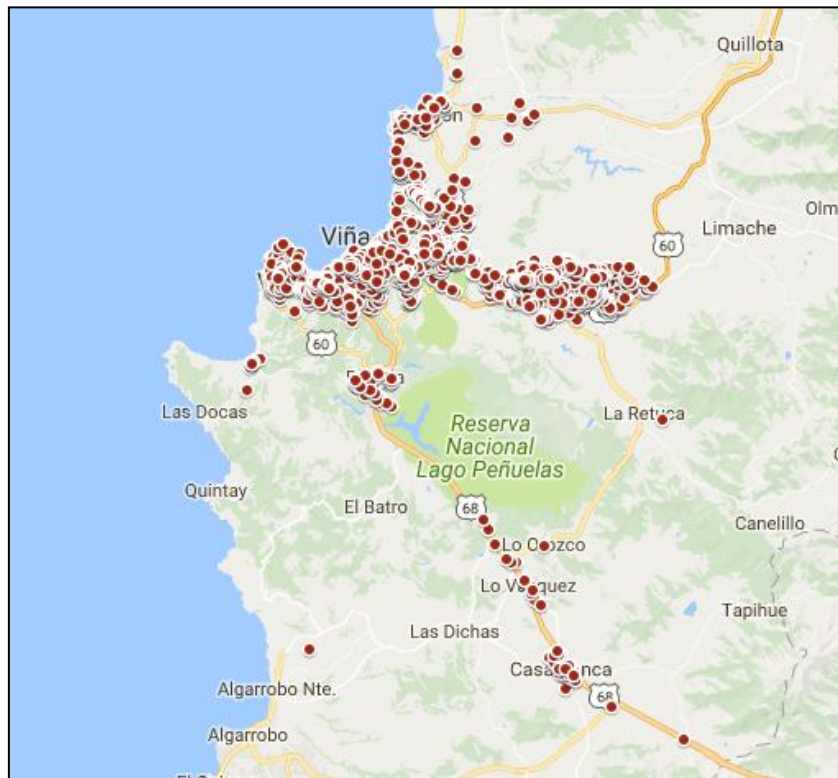
2.3 Planteamiento del Problema

Dentro del territorio nacional existen plantas que producen o procesan los alimentos, como salmoneras y faenadoras, por otro lado, se encuentran distintas sucursales las cuales distribuyen los productos, dentro de estas está la Sucursal de Viña del Mar, que es un centro de distribución y almacenamiento de alimentos, pertenecientes a Agrosuper.

La empresa posee una segmentación de clientes que permite conocer de manera fácil y sencilla grupos de clientes con necesidades y características similares, estos se componen del Canal Tradicional (almacén de barrio), *Foodservice* (Restaurant, Club, etc.), Grandes Clientes, Clientes Industriales y Supermercados. Dependiendo de la segmentación del cliente y el canal al cual pertenece se realizan las rutas de los camiones de distribución.

En la Ilustración 2.15 se observan los 2.869 clientes que se atendieron durante el 2017, los cuales son atendidos por los 25 camiones de distribución pertenecientes a la Sucursal Viña del Mar, los que realizan entregas especializadas a un solo segmento o rutas mixtas dentro de Valparaíso, Viña del Mar, Concón, Placilla, Casablanca, Quilpué, Villa Alemana y Peñablanca.

Ilustración 2.15: Total de clientes en la V Región.



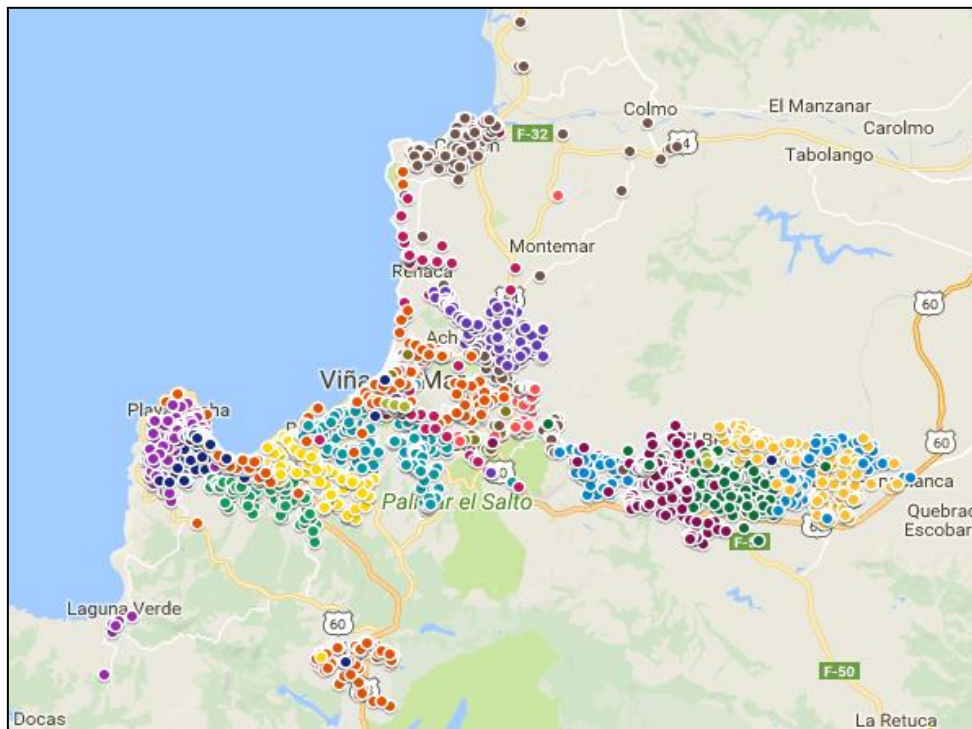
Elaboración Propia en My Maps.

Los camiones son propiedad de transportistas independientes que prestan servicio a Agrosuper, a través de un contrato de prestación de servicios se les informa las condiciones de pago y responsabilidades y de acuerdo al proceso de distribución se le asigna una zona de reparto con cierta cantidad de clientes; esta cantidad varía de acuerdo al lugar geográfico de la zona de reparto.

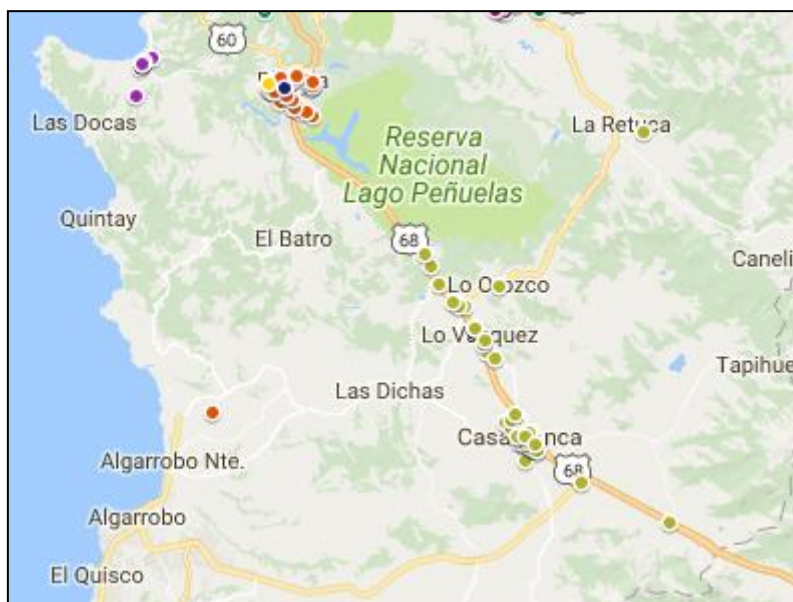
Actualmente las zonas de reparto no tienen límites definidos de acuerdo a variables como cantidad de clientes, cantidad de kilogramos a repartir, capacidad del camión, etc. Por otro lado, estas zonas no poseen fronteras ni bordes y se sobreponen, es decir, en una misma zona geográfica se realizan entregas por más de un camión repartidor, ocasionando un desorden de ruta y mayor gasto para cada camión. Al entrelazarse las rutas da pie a que ambos recursos, que en este caso son los camiones repartidores, se obstruyan en su función para lograr la mayor eficiencia y eficacia, además de tener pérdidas de tiempo en traslados y mayores gastos de combustible.

En las Ilustraciones 2.16 y 2.17 se observan las 25 zonas correspondientes al abastecimiento de parte de la Sucursal de Viña del Mar y a los 25 camiones de reparto. Cada color simboliza una zona, dado esto, en las imágenes se muestra que los puntos de colores se sobreponen en algunas zonas geográficas.

Ilustración 2.16: Zonas de Reparto en Valparaíso, Viña del Mar e interior.



Elaboración Propia en My Maps.

Ilustración 2.17: Zonas de Reparto en Curauma y Casablanca.

Elaboración Propia en My Maps.

Cada camión tiene una capacidad de 5.000 kilogramos aproximadamente, es decir, lo que es equivalente a 8 *pallets*. Sin embargo, la capacidad de las cámaras de frío de los camiones muchas veces no es aprovechada en su 100%, es decir, poseen capacidad ociosa, así como en otras ocasiones estos sufren sobre cargas, todo lo anterior es provocado por las diferencias significativas en la cantidad de clientes asignados a cada camión.

Un ejemplo, es que a algunos camiones le son asignados 200 clientes, estos en promedio se cargan hasta su 35% de capacidad con mercadería, en cambio, otros camiones le son asignados 30 clientes y son cargados al máximo de su capacidad o deben asistir a recargas en la sucursal durante el día, provocando distintos tipos de gastos adicionales.

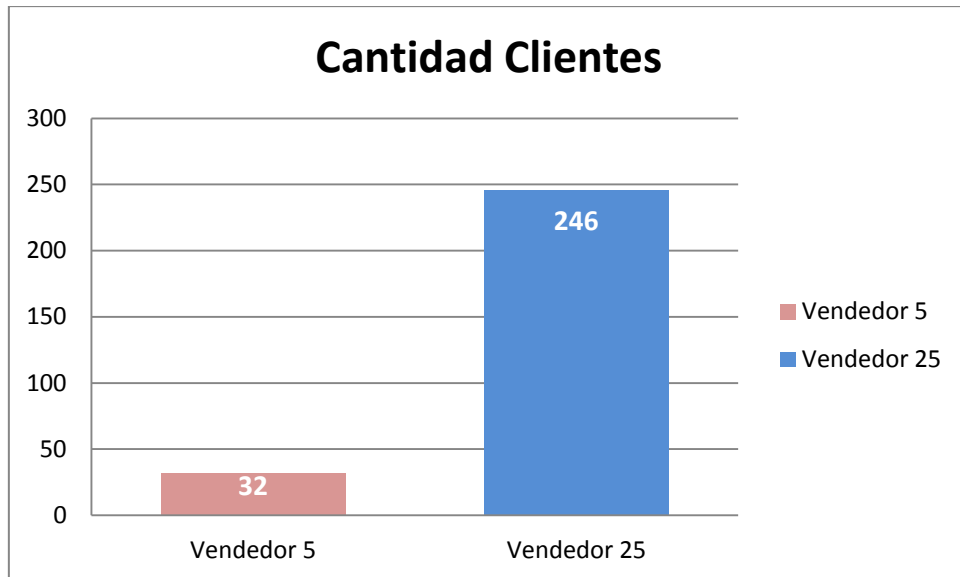
En la Tabla 2.8, se visualizan diferencias significativas entre las cantidades de clientes por vendedor y la cantidad de demanda (KG) que debe satisfacer semanalmente cada camión.

Tabla 2.8: Vendedor con Cantidad de Clientes y KG Promedio de compra.

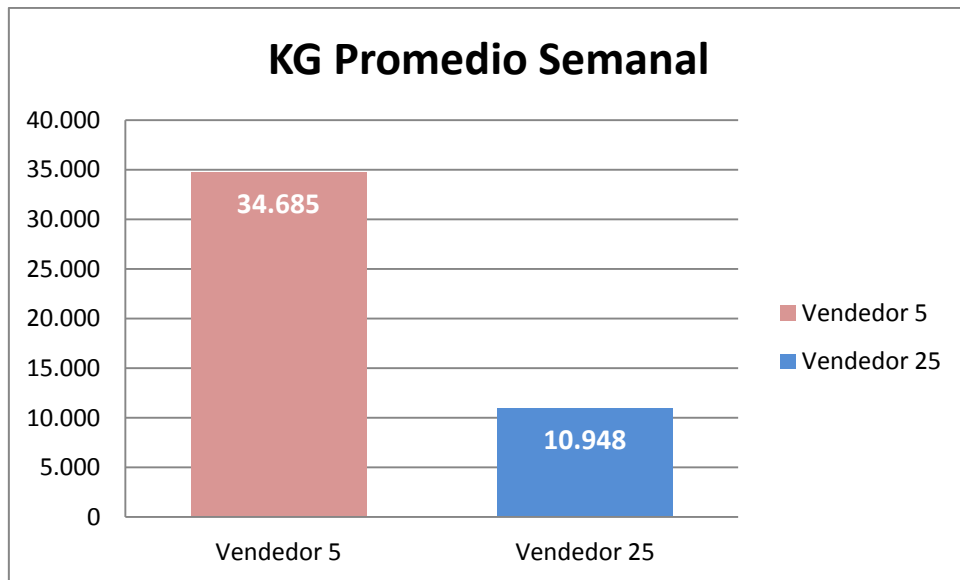
Vendedor	Cantidad Clientes	KG Promedio Semanal
Vendedor 1	8	25048
Vendedor 2	224	11573
Vendedor 3	150	10991
Vendedor 4	8	22322
Vendedor 5	32	34685
Vendedor 6	110	17757
Vendedor 7	167	19058
Vendedor 8	208	14355
Vendedor 9	174	19855
Vendedor 10	5	18088
Vendedor 11	8	25609
Vendedor 12	191	18816
Vendedor 13	201	11542
Vendedor 14	194	22136
Vendedor 15	4	26997
Vendedor 16	209	22027
Vendedor 17	22	27326
Vendedor 18	155	14142
Vendedor 19	7	22162
Vendedor 20	37	27672
Vendedor 21	212	19262
Vendedor 22	147	23642
Vendedor 23	5	25088
Vendedor 24	145	18187
Vendedor 25	246	10948
Total general	2869	509288

Elaboración Propia.

Para ver en más detalle los datos entregados en la tabla previa, se pueden observar las Ilustraciones 2.18 y 2.19, en donde se presenta la comparación entre dos vendedores, con grandes diferencias en cantidad de cliente y kilogramos, en los cuales se plasma la realidad de la situación entregada como ejemplo.

Ilustración 2.18: Comparación Cantidad de Clientes.

Elaboración Propia.

Ilustración 2.19: Comparación Cantidad de KG en promedio semanal.

Elaboración Propia.

Por otro lado, el ejemplo anteriormente dado se ve reflejado en los datos de la tabla 2.9, que muestra la cantidad de kilogramos en promedio que reparte o vende cada vendedor por día de la semana, siendo de Lunes a Sábado durante el periodo de Agosto a Diciembre de 2017.

Tabla 2.9: Promedio de Kilogramos por día que entrega cada vendedor.

Vendedor	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado
Vendedor 1	3178	2593	4174	4794	5453	4856
Vendedor 2	1330	2120	2468	2217	2468	970
Vendedor 3	964	1607	2044	1869	2411	2096
Vendedor 4	2376	2288	2953	4267	6297	4142
Vendedor 5	4276	5129	5555	6565	6390	6771
Vendedor 6	2015	2496	2994	3182	4693	2377
Vendedor 7	1623	2508	2871	5260	3178	3618
Vendedor 8	1426	2860	2212	3196	2455	2205
Vendedor 9	2033	2189	4227	2948	5582	2875
Vendedor 10	2490	2035	2953	2989	4607	3015
Vendedor 11	4308	2626	3900	3121	8603	3052
Vendedor 12	1278	2939	2643	3633	4528	3797
Vendedor 13	834	1973	2448	2357	1667	2263
Vendedor 14	1961	2441	3416	4440	5874	4004
Vendedor 15	2793	5261	1428	6787	4422	6305
Vendedor 16	1860	4302	3473	4645	4065	3682
Vendedor 17	3542	3956	2917	5923	3925	7063
Vendedor 18	2023	1997	2453	2486	3046	2138
Vendedor 19	2922	2266	4156	3571	4490	4756
Vendedor 20	2858	3856	3702	5070	6916	5271
Vendedor 21	1918	3129	3064	3723	4138	3290
Vendedor 22	3212	3908	3981	3722	4651	4168
Vendedor 23	2499	2325	4206	4869	5381	5808
Vendedor 24	2018	2519	3662	2728	3818	3442
Vendedor 25	1119	1310	2262	2091	2123	2043
Kilos Totales	56853	70632	80162	96452	111184	94005

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

Esto demuestra, como se observa en la tabla 2.10, que cada camión posee una cantidad ociosa de capacidad. Esto se calculó en base al promedio de kilogramos que cada vendedor entrega al día, en comparación con la capacidad total del camión (5000 kg), de acuerdo a esto, el Vendedor 5 es el que no presenta capacidad ociosa, si no que la cantidad que transporta sobrepasa su capacidad y debe volver a la Sucursal por recargas, al contrario se encuentra el Vendedor 25, el cual es el que muestra mayor capacidad ociosa, a la vez se logra demostrar que el promedio de la capacidad ociosa de todos los camiones es de un 32%.

Tabla 2.10: Capacidad Ociosa por camión.

Vendedor	Promedio kg	Kilos maximos	Capacidad Utilizada	Capacidad ociosa
Vendedor 1	4175	5000	83%	17%
Vendedor 2	1929	5000	39%	61%
Vendedor 3	1832	5000	37%	63%
Vendedor 4	3720	5000	74%	26%
Vendedor 5	5781	5000	116%	-16%
Vendedor 6	2959	5000	59%	41%
Vendedor 7	3176	5000	64%	36%
Vendedor 8	2392	5000	48%	52%
Vendedor 9	3309	5000	66%	34%
Vendedor 10	3015	5000	60%	40%
Vendedor 11	4268	5000	85%	15%
Vendedor 12	3136	5000	63%	37%
Vendedor 13	1924	5000	38%	62%
Vendedor 14	3689	5000	74%	26%
Vendedor 15	4499	5000	90%	10%
Vendedor 16	3671	5000	73%	27%
Vendedor 17	4554	5000	91%	9%
Vendedor 18	2357	5000	47%	53%
Vendedor 19	3694	5000	74%	26%
Vendedor 20	4612	5000	92%	8%
Vendedor 21	3210	5000	64%	36%
Vendedor 22	3940	5000	79%	21%
Vendedor 23	4181	5000	84%	16%
Vendedor 24	3031	5000	61%	39%
Vendedor 25	1825	5000	36%	64%
Kilos Totales	84881	125000	68%	32%

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

Por otro lado, el tener un desorden y mala organización de las zonas de reparto hace que la aplicación usada por la empresa, llamada BEETRACK, que es un *software* para transportes que logra obtener control de gestión en línea, no realice su trabajo como corresponde, lo cual se trata de hacer un ruteo diario para cada camión con los clientes a atender. Esta aplicación tiene distintas funciones como son subir e integrar órdenes de compras, mantener el control de las rutas, tiempos de envío y tasa de éxito de las entregas, además de realizar reportes y seguimiento a los envíos.

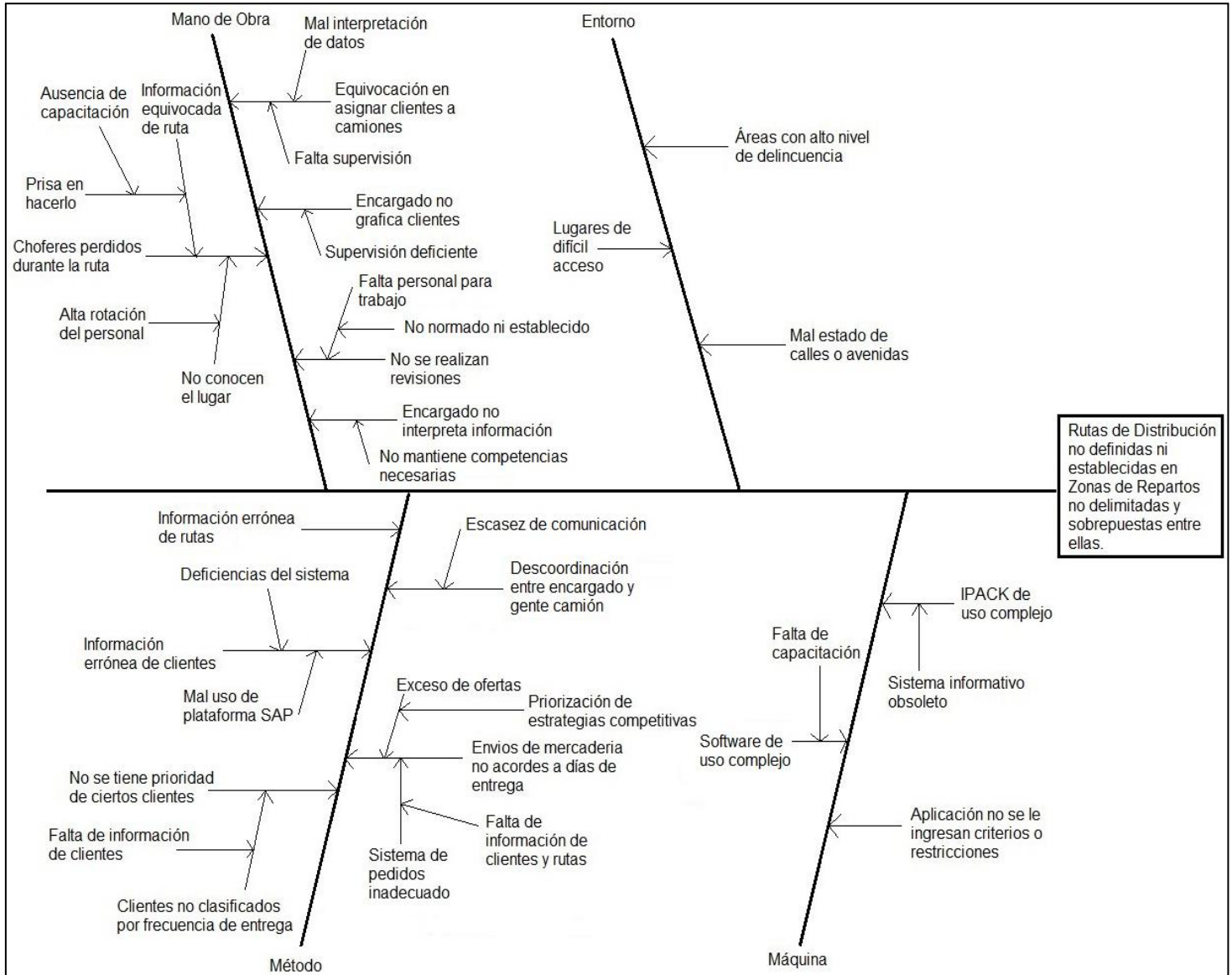
En la actualidad, la empresa utiliza la aplicación BEETRACK para determinar las rutas de la Flota de Reparto, logrando obtener las rutas diarias de cada camión con solo ingresar la

ubicación de los clientes a atender. Esta aplicación entrega la ruta más corta entre los clientes, es decir, solo considera las distancias entre los clientes, pero no toma en cuenta la demanda o cantidad de kilogramos que ya adquirió el cliente anteriormente, ni su frecuencia de entrega, ni su segmento, siendo variables influyentes para la realización de una ruta que sea completa para cada camión.

Esta aplicación provoca un desorden a la hora de realizar entregas, ya que, los clientes grandes que adquieren mayor cantidades de mercadería no son atendidos en el horario que ellos solicitan, que es a primera hora, es por esto, que el mayor porcentaje de mercadería dentro de la cámara de frío sigue ocupado, manteniendo un peso alto en el camión y realizando mayores gastos de combustible, además al no cumplir con el horario, se producen rechazos de mercadería al no admitir los productos o al encontrar el local cerrado, provocando un desplome en el nivel de servicio. El mantener mucha mercadería en la cámara de frío provoca la dificultad al querer sacar un pedido que se encuentre detrás de los pedidos grandes, originando un desorden en los pedidos almacenados y a la vez que el camión realice más vueltas o transite más de lo que corresponde teniendo que realizar una segunda visita al cliente.

De acuerdo a todo lo mencionado anteriormente se determinaron causas que pueden favorecer a que se produzca que los camiones realicen entregas en las mismas zonas de reparto y no se desarrollen rutas bien definidas. Para explicar estas causas se desarrolló un Diagrama con el modelo Ishikawa, mostrando causas y sub-causas del problema, este se muestra en la Ilustración 2.20.

Ilustración 2.20: Diagrama Ishikawa.



Elaboración Propia.

2.4 Objetivos

Objetivo General:

Rediseñar sistema de distribución para flota de camiones pertenecientes a la Sucursal Viña del Mar, Agrosuper.

Objetivos Específicos:

1. Detallar Macro zonas actuales de distribución pertenecientes a los camiones de reparto.
2. Categorizar clientes de cada camión por importancia y frecuencia.
3. Reformular Macro zonas de reparto propuestas para cada camión de distribución.
4. Designar Micro zonas propuestas a cada Macro zona de distribución.
5. Establecer rutas adecuadas en Micro zonas para cada día de distribución.
6. Elaborar el análisis financiero para evaluar costos de distribución de la propuesta.

3 Capítulo: Estado del Arte

Se procede a la descripción de conceptos teóricos e investigación documental que permite el desarrollo del tema de estudio, sirviendo como base para la construcción del modelo matemático para dar solución al problema expuesto en este trabajo.

3.1 Cadena de Suministro

“La Cadena de Suministro, conocida en inglés como “Supply Chain”, es una cadena de proveedores, fabricas, almacenes, centro de distribución y detallistas a través de los cuales se adquieren las materias primas, se transforman y se envían al cliente”. [Ganeshan&Harrison97]

Las cadenas de suministros son una secuencia de procesos y flujos que tienen lugar dentro y fuera de la empresa y entre diferentes etapas que se combinan para satisfacer las necesidades de los clientes.

Con esto se tiene la administración de la Cadena de Suministro, en inglés *“Supply Chain Management”*, que es una filosofía administrativa continua y evolutiva que busca unificar los recursos productivos totales de las funciones de negocio de la empresa y sus socios aliados a lo largo de toda la Cadena de Suministro, es decir, es un proceso de control de la cadena desde las materias primas hasta el consumidor, buscando tener un sistema altamente competitivo enfocado a desarrollar soluciones innovadoras y a sincronizar el flujo de los productos, servicios e información hacia el mercado, creando un valor único e individualizado desde dentro de la compañía para los proveedores y sobre todo para el cliente. [Ross96]

Una parte muy importante dentro del concepto anteriormente mencionado, se incluye el concepto de Logística, que se centra en el flujo físico de mercancías, procesos de abastecimiento, manejo de materiales en producción y distribución de una organización en particular, es decir, se enfoca en la gestión sistemática de las actividades de movimiento y almacenamiento para entregar un servicio eficaz. Su más grande objetivo es buscar la satisfacción de la demanda de parte de los clientes.

De acuerdo a la Real Academia Española (RAE), la logística es el *“conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución”*.

Una parte de la logística es la Logística de Distribución, que incluye la gestión de los flujos físicos, es decir, ayuda a determinar el sistema más conveniente para el flujo dinámico de inventario. Es por esta razón que se tienen otros conceptos de logística, como *“La Logística implica un cierto orden en los procesos que involucran a la producción y comercialización de mercancías. Por lo tanto, se dice que la logística es el puente o nexo entre la producción y el mercado que incluye la distancia física y en tiempo de traslado. En las empresas implica tareas de planificación y gestión de recursos teniendo como función principal implementar y controlar con eficiencia los materiales y productos, desde su punto de origen hasta el consumo”*. [Rushton,Oxley&Croucher2000]

Desde que se planifica un sistema logístico deben tomarse variadas decisiones como donde ubicar instalaciones, centros, plantas, bodegas, depósitos, entre otros, la cantidad de estos y sus capacidades. Por otro lado, se deben considerar los canales de distribución a utilizar, tipos de envíos u otros servicios a emplear, así como también la forma de almacenamiento, *layout* de bodegas o centros, además de recepción de mercaderías y repartos.

El tipo de canal de distribución a utilizar es una decisión estratégica dentro de la empresa, de acuerdo a esto se tienen varias opciones, dentro de las cuales se destaca la externalización de la distribución, realizar distribución propia o prescindir del uso de bodegas, con el objetivo de mejorar la calidad del servicio, disminuir costos y tiempos.

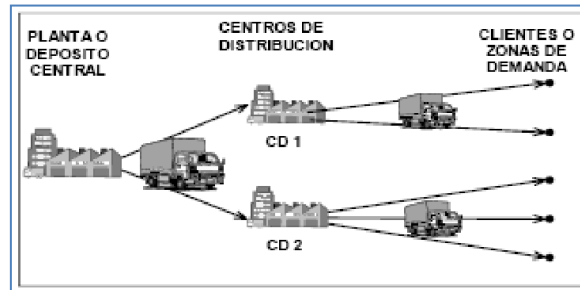
3.2 Distribución

La distribución consiste en el proceso de hacer llegar físicamente el producto al consumidor, esto significa, que es el conjunto de actividades que se realizan desde que el producto ha sido elaborado por el fabricante hasta que ha sido comprado. Además se refiere al sistema, medios y métodos que se encargan de los flujos físicos desde el término de su proceso productivo hasta la entrega al cliente. Para que la distribución sea exitosa, el producto debe estar a disposición del potencial comprador en el momento y lugar indicados.

Se conoce como cadena de distribución o canales de distribución a los agentes que completan las etapas para que el producto llegue al consumidor final o el camino seguido por un producto para ir desde la producción a la adquisición y consumo por parte del cliente. Esto se produce por la separación geográfica entre compradores y vendedores y la imposibilidad de situar la fábrica frente al consumidor hacen necesaria la distribución de bienes y servicios desde su lugar de producción hasta su lugar de utilización o consumo.

El diseño de sistemas de distribución depende de las estrategias y políticas de la organización, tomando en cuenta diversos actores y elementos, los cuales son unidos a través de actividades, flujos físicos y de información, como se muestra en la Ilustración 3.21.

Ilustración 3.21: Red de Distribución.



Fuente: Logística y Transporte Multimodal, Francisco Arango 2014.

La mayor parte de los actores y elementos que componen una red de distribución son fábricas, plantas, bodegas, centros, terminales, mayoristas, minoristas y clientes. Estos elementos son nodos dentro de los flujos del sistema de distribución que mantienen conexión por medio de transportes, como lo son flotas de vehículos, trenes, aviones o barcos, realizando intercambios de información y mercancía.

3.2.1 Centro de Distribución

Un centro de distribución se entiende como un espacio logístico en el cual se almacena mercancía y posteriormente es distribuida a clientes mayoristas o minoristas. Corresponde a un área física e independiente utilizada para la administración de productos en una organización, centrándose en la optimización de los flujos de materiales, buscando que los productos permanezcan el menor tiempo posible.

El objetivo de esta infraestructura es almacenar, controlar y despachar eficientemente los inventarios, preparando órdenes y diversas actividades para obtener una máxima eficiencia en el movimiento de la mercancía con el costo más bajo posible.

La mayor parte de las compañías suelen definir la ubicación de sus centros de distribución en función del área o región a satisfacer, tomando en consideración las características de la población, disponibilidad de fuerza de trabajo, impuestos, servicios de transporte, consumidores, fuentes de energía, entre otras. Además se toma en cuenta las rutas aledañas al lugar, con las cuales se puede tener mayor conexión, considerando cercanía a puertos marítimos, fluviales, aéreos y zonas francas.

La implementación y creación de estos centros dentro de la cadena de suministros surge de la necesidad de alcanzar una distribución más eficiente, flexible y dinámica, es decir, se busca que frente a una determinada demanda se produzca una respuesta rápida hacia el cliente.

3.2.2 Canal de Distribución

Para llegar a una correcta distribución hace falta tomar decisiones en base al canal de distribución, que se centra en las vías elegidas por una empresa para que un producto recorra desde que es creado hasta que llega al consumidor final. Esto quiere decir, que un canal de distribución es el conducto que cada empresa escoge para llevar sus productos de una forma completa, eficiente y económica al consumidor. En otras palabras, el canal de distribución es el mecanismo por el cual la distribución, como función económica, toma forma y se adapta a las necesidades y características de cada sector económico. [SainzdeVicuña01]

Al especificar este concepto se llega a que es una estructura de negocios y de organizaciones interdependientes que va desde el punto en el cual se crea el producto hasta el consumidor.

La elección de estos canales de distribución suelen ser a largo plazo y se toman en cuenta ciertas variables para llegar a tomar una buena decisión, como lo son la naturaleza del producto, el precio de venta, la estabilidad del producto y del distribuidor dentro del mercado, entre otras. De acuerdo a esto, se ven implicados elementos dentro de un canal que suelen ser el productor, mayoristas, minoristas y el consumidor final. Es por esto, que se conforma de personas y compañías que trabajan en la transferencia de información y productos.

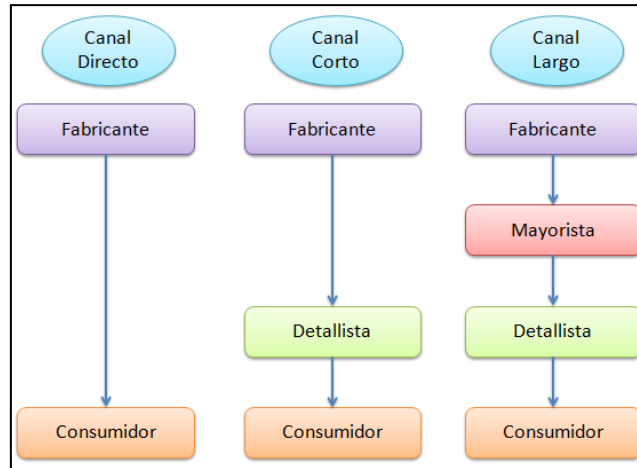
Esto se puede observar más fácilmente en la Ilustración 3.22, los canales de distribución se centra en la forma de "Transporte 2 y 3", que se implementan entre la fabricación y centros de distribución, bodegas, mayoristas o minoristas, incluso entre el propio cliente.

Ilustración 3.22: Canal de Distribución.

Existe una clasificación de los canales de distribución según la longitud de canal, esto quiere decir, que dependiendo del número de agentes que intervengan desde la empresa productora hasta la entrega del producto al consumidor se puede definir si se trata de un canal corto o largo. Estos se definirán a continuación:

- Canal Directo: Se compone solo de dos actores, estos son el fabricante y el consumidor final. Este tipo de canal es muy común en el sector de servicios.
- Canal Corto: Consta de tres niveles, estos son el fabricante, un detallista y el consumidor final. Es de uso frecuente en sectores donde la oferta está concentrada a nivel de fabricante y detallista, siendo el detallista una empresa grande y el número de fabricantes no muy elevado.
- Canal Largo: Se forma de cuatro o más niveles, es decir, de fabricante, mayorista, minorista y consumidor. Se suele dar en sectores donde está muy fraccionada la oferta y la demanda.

En la Ilustración 3.23 se muestran los canales de acuerdo a su longitud.

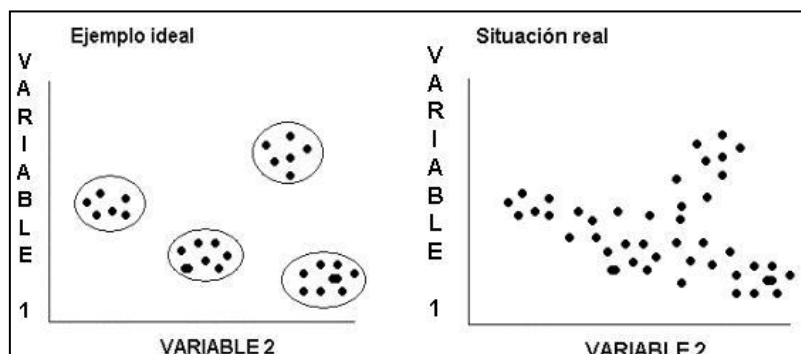
Ilustración 3.23: Tipo de Canal de Distribución.

Elaboración Propia.

3.3 Análisis de Clusters

El Análisis Cluster es un conjunto de técnicas utilizadas para la clasificación de conjuntos de individuos en grupos homogéneos. Se basa en un proceso de dividir un conjunto de datos en grupos mutuamente excluyentes de tal manera que cada miembro de un grupo esté lo “más cercano” posible a otro, y grupos diferentes estén lo “más lejos” posible uno del otro, en la cual la distancia esta medida con respecto a todas las variables disponibles.

Con este método se pretende descubrir un conjunto de grupos a los cuales asignar individuos de acuerdo a criterios de homogeneidad, como se muestra en el ejemplo de la Ilustración 3.24. Dado esto, se hace esencial definir medidas de similitud o de divergencia para ir clasificando a los individuos en unos u otros grupos.

Ilustración 3.24: Ejemplo Clusters.

Además se tendrán que tomar consideraciones para comenzar con el análisis, como plantear si se iniciará la agrupación desde algunos grupos establecidos o se comenzará considerando cada elemento individual como un cluster inicial que posteriormente se le irán agrupando individuos hasta obtener los clusters finales, tomando la posibilidad de realizar reasignaciones a lo largo del proceso.

El análisis constará de algoritmos de clasificación que permitirá la obtención de una o varias particiones, de acuerdo con los criterios que se establezcan.

El proceso se puede estructurar de acuerdo con el siguiente esquema:

- Se inicia con el conjunto de N individuos, de los cuales se dispone de información que compone a un conjunto de n variables (una matriz de datos de N individuos \times n variables).
- Se establece un criterio de similitud para poder determinar una matriz que permita relacionar la semejanza de los individuos entre sí (matriz de N individuos \times N individuos).
- Se selecciona un algoritmo de clasificación para lograr determinar y obtener la estructura de agrupación de los individuos.
- Se especifica la estructura elegida mediante diagramas arbóreos o dendogramas y otros gráficos.

Criterios de similitud, divergencia y distancia:

Al realizar una adecuada selección de las variables a considerar, cada uno de los individuos será representado por los valores que tomen las variables en cada uno de ellos, con esto se inicia la clasificación.

Estos índices serán en mayor parte basados en la distancia, coeficientes de correlación, o bien basados en tablas de datos de posesión de una serie de atributos.

Criterios basados en distancias como indicadores de disimilaridad:

El nombre de distancia o disimilaridad se da entre dos individuos i y j a una medida, indicada por $d(i,j)$, que mide el grado de semejanza o disemejanza entre ambos objetos, en relación a un cierto número de características cuantitativa y/o cualitativas. El valor de $d(i,j)$ es siempre positivo y cuanto mayor sea el valor, mayor es la diferencia entre los individuos i y j .

Criterios basados en similitudes. Medidas de similitud:

Para determinar la homogeneidad entre los individuos se puede trabajar con indicadores de disimilitud o indicadores de similitud.

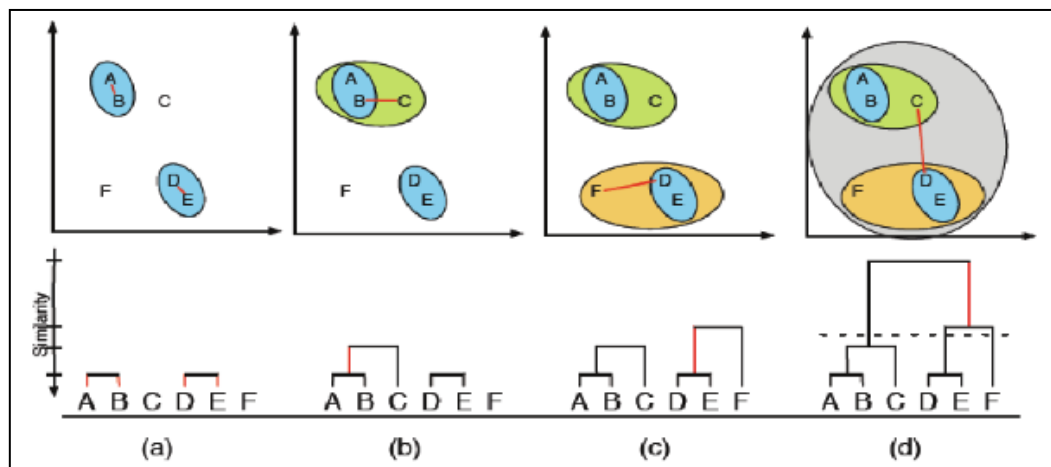
Los criterios de similitud y los criterios de distancias son muy efectivos pero trabajan de manera contraria, esto quiere decir, que mientras una distancia alta entre individuos indica que son muy diferentes y una baja que son muy similares, los indicadores de similitud mientras aumente su valor, aumenta la similitud entre los individuos. Muchos de los indicadores de similitud se basan en coeficientes de correlación o de asociación.

- Coeficiente de correlación de Pearson: utiliza datos cuantitativos y utiliza el algoritmo de distancia mínima.
- Coeficiente de correlación por rangos de Kendall y Spearman: se utiliza en casos de variables ordinales.

3.3.1 Métodos de análisis cluster

1. Jerárquicos: Llamada también estructura progresiva de árbol, se trata de subdividir sucesivamente los grupos, siguiendo una jerarquía, decreciendo la homogeneidad conforme se van haciendo más amplios. En los métodos jerárquicos los individuos no se dividen en clusters de una sola vez, sino que se van haciendo particiones sucesivas a “distintos niveles de agregación o agrupamiento” como se observa en la Ilustración 3.25. La clusterización jerárquica produce taxones o clusters de diferentes niveles y estructurados de forma ordenada, estableciendo un “jerarquía”.

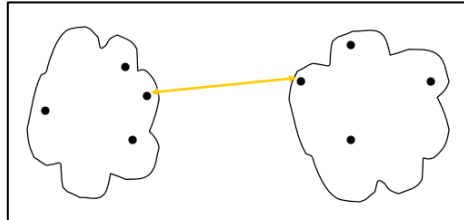
Ilustración 3.25: Análisis Cluster Jerárquico.



Existen diferentes formas de clasificación dentro de este tipo de método:

- a. Aglomerativo o Ascendente: se parte inicialmente con puntos como clusters individuales que se van progresivamente fusionando, formando grupos que constituyen un solo cluster. La selección de este método se basa en la forma en que la distancia se considera en el algoritmo de agrupación.
 - i. Distancia mínima (*single linkage*): Los grupos se unen considerando la menor de las distancias existentes entre los individuos más cercanos de distintos grupos.

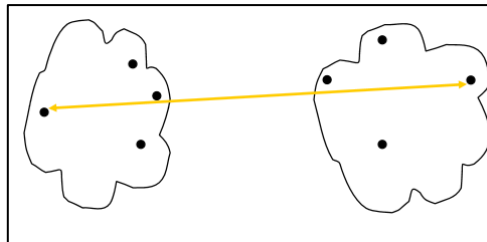
Ilustración 3.26: Distancia Mínima.



Este método es espacio-contractivo, esto significa que se tiende a aproximar los individuos más de lo que indicarían sus disimilaridades o distancias iniciales.

- ii. Distancia máxima (*complete linkage*): Los grupos se unen considerando la menor de las distancias existentes entre los miembros más lejanos de distintos grupos.

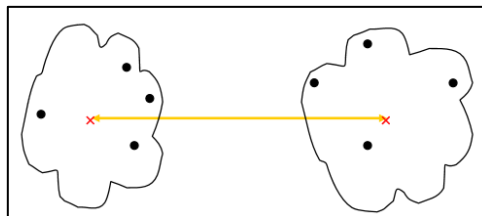
Ilustración 3.27: Distancia Máxima.



Este método es espacio-dilatante, en el sentido en que tiende a separar a los individuos en mayor medida que la indicada por sus disimilaridades iniciales.

- iii. Distancia entre centros (*centroid*): Utiliza como distancia entre los grupos la distancia entre los centroides de cada grupo.

Ilustración 3.28: Distancia entre centros.



Este método es espacio-conservativo, pero presenta el problema de dejarse influir excesivamente por los grupos de mayor tamaño.

- iv. Distancia mediana (*median*): Se basa en que la distancia entre un individuo o grupo K de centroide k y el grupo formado por la fusión de los grupos I y J de centroides i y j viene dada por la mediana del triángulo i, j, k .

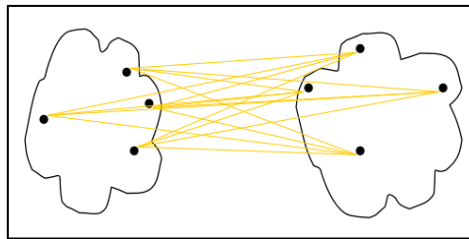
Este método es espacio-conservativo, no resulta ser invariante ante transformaciones monótonas de la distancia empleada.

- v. Distancia media: Su definición es la distancia entre dos grupos como la media de todas las distancias entre todos los pares de individuos de los dos grupos.

Este método es espacio-conservativo, esto es, no hace variar significativamente la métrica inicial.

- vi. Distancia promedio del grupo: Se miden todas las combinaciones posibles de distancias entre los puntos de los clusters.

Ilustración 3.29: Distancia Promedio grupo.



- vii. Método de Ward: Se agrupan de forma jerárquica individuos de modo que se minimice una determinada función objetivo.
- b. Divisivo o descendente: se trata si se inicia de todo el conjunto de individuos como un conglomerado y se va sucesivamente subdividiendo en grupos más pequeños.
 - i. Monotética (*monothetic*): Esta clasificación está basada en una única característica muy relevante, se procede de forma divisiva, separando entre individuos que la tienen y que no la tienen.
 - ii. Politética (*polythetic*): Esta clasificación se basa en un gran número de características y no es obligación que todos los miembros del conglomerado posean todas las características. Normalmente se procede de forma aglomerativa.
- 2. No jerárquicos (k-medias): se forman grupos homogéneos sin establecer una relación entre ellos.

- a. Umbral secuencial: Se seleccionan una tras otra “semillas” de conglomerado agrupando en torno a ellas todos los objetos que se encuentren a una determinada distancia.
- b. Umbral paralelo: Es muy similar a Umbral secuencial, pero en este caso se generan todas las “semillas” al mismo tiempo y los umbrales mínimas de aceptación en cada grupo.
- c. Optimización: Es muy similar al método jerárquico, la diferencia radica en las etapas sucesivas, ya que se permite la reasignación de sujetos o individuos.

3.4 Problemas de Ruteo

El problema de ruteo de vehículos, más conocido como VRP producto de sus siglas en ingles, es un problema complejo de optimización que busca minimizar los costos de transporte asociados a rutas de reparto o distribución. En el año 1959, Dantzig y Ramser fueron los primeros en estudiar la aplicación real de los problemas de ruteo para la distribución de gasolina, del cual, se obtuvo la primera definición del problema. Clarke y Wright, en 1964, mejoran la aproximación de los anteriores autores, utilizando una aproximación “*greedy*”, más conocido como algoritmo o método de ahorros.

En general, consiste en determinar un conjunto de rutas de costo mínimo entre una central o depósito que cuenta con una flota de vehículos y un conjunto de clientes que se encuentran distribuidos geográficamente, los cuales deben ser atendidos. De esta forma, la totalidad de cliente es atendido una sola, para lo cual a cada vehículo se le asigna un conjunto de clientes a visitar, logrando satisfacer la demanda de ellos sin exceder su capacidad.

La ruta puede ser explicada utilizando grafos donde los arcos son las carreteras y los vértices representan la localización de los clientes y del depósito. Los arcos pueden tener dirección o no, dependiendo de los costos diferentes en cada dirección o de las restricciones o variables del problema.

La función objetiva de este método habitualmente intenta:

- Minimizar los costos.
- Minimizar el tiempo de transporte.
- Minimizar tiempos de espera.
- Maximizar el servicio al cliente.
- Equilibrar la utilización de los recursos.

Cada problema es especial y tiene un nivel de complejidad único, esto se debe a las diferentes características o restricciones que deban ser tomadas en consideración para la resolución. A continuación se explicaran algunas variantes de VRP:

- VRP con Recogida y Entrega (VRPPD): Se busca encontrar las mejores rutas para que una flota de vehículos logren movilizar cierta cantidad de productos desde una ubicación de recogida hacia otras ubicaciones de entrega.
- VRP con ventanas de tiempo (VRPTW): Se tiene un rango de horario predefinido para la entrega de los pedidos.
- VRP con flota heterogénea: Los vehículos que componen la flota de reparto son diferentes entre sí, esto quiere decir, que tienen distintas características o capacidades.
- VRP con rutas abiertas: Los vehículos no vuelven o no les es necesario terminar en el punto de inicio de las rutas.
- VRP con *Pick up and delivery*: Los vehículos durante el desarrollo de su ruta deben pasar al(los) centros de abastecimiento o distribución para obtener mercadería.
- VRP con viajes múltiples (VRPMT): Los vehículos pertenecientes a la flota de distribución pueden realizar más de una ruta.

Determinar la solución óptima es un problema NP-duro de optimización combinatoria. Las implementaciones más utilizadas para resolver y llevar a cabo son mediante heurísticas o algoritmos que buscan encontrar las mejores soluciones posibles en un tiempo acotado. El uso de programas de optimización puede llegar a dar ahorros desde un 5% a una compañía cuando el transporte es un componente significativo.

En la Ilustración 3.30 se expone un problema de enrutamiento de vehículos, en contraste se observa la Ilustración 3.31, mostrando una representación de una solución para el VRP, donde cada vehículo de distribución comienza en el depósito, atiende a clientes asignados con una demanda determinada y regresa al mismo depósito inicial, sin intervenir en la ruta de su compañero.

Ilustración 3.30: Problema de enrutamiento de vehículos.

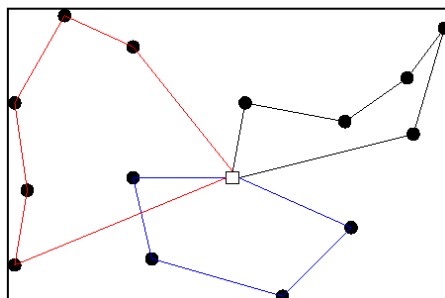
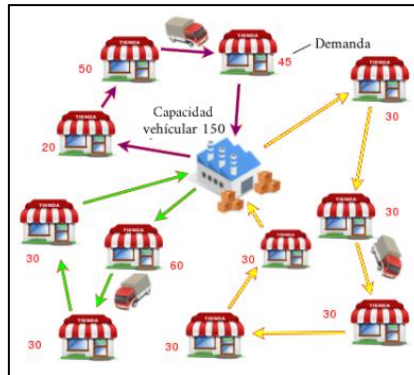


Ilustración 3.31: Ejemplo solución para VRP.



3.4.1 Modelo de Ruteo de una Flota Homogénea

Este modelo trabaja con n cantidad de clientes que mantienen una demanda conocida y determinística, que son atendidos por un depósito central que posee una flota de K vehículos, cada uno de ellos con capacidad Q . Cada cliente es visitado por un único vehículo de la flota, por lo tanto se asume que la demanda de cada cliente no excede la capacidad Q . De acuerdo a esto, se busca que un vehículo mantenga una ruta en la cual visite todos los clientes asignados con un costo mínimo.

El modelo se formula matemáticamente mediante parámetros, variables de decisión, restricciones y una función objetivo, la cual puede estar determinada en base a distancias, tiempo de viajes, entre otras.

Por otro lado, las restricciones más utilizadas e importantes son que cada cliente deba ser visitado o tener llegada y salida exactamente una vez, que todos los vehículos comiencen y terminen su ruta en el depósito central, que el mismo número de vehículos que dejan la sucursal debe entrar al final del día. Además de tener una restricción que de énfasis a la capacidad del vehículo, la cual impone que la demanda en cada ruta no tiene que superar la capacidad del camión. Y por último, la naturaleza de las variables.

3.4.2 Teoría de Grafos

La teoría de grafos estudia las propiedades de los grafos, es decir, permite estudiar las interrelaciones entre unidades que se encuentran en interacción. En teoría un grafo $G = (V, E)$ es una pareja ordenada en la que V es un conjunto de vértices y E es un conjunto de aristas. Gráficamente, un grafo se representa mediante una serie de puntos (vértices) conectados por líneas (aristas).

Composición de un grafo:

- Aristas: son las líneas con las que se unen los vértices de un grafo.
- Vértices: también llamado nodo, son los elementos que conforman un grafo. Es la unidad fundamental de la que están formados los grafos.
- Camino: se le denomina camino a un conjunto de vértices interconectados por aristas.

Ciclos y caminos hamiltonianos

Este término es muy importante para la comprensión de la teoría y para relacionarlo con los modelos de Investigación de Operaciones, ya que, se define como una sucesión de aristas, donde no se recorre dos veces la misma arista, y donde se regresa al punto inicial. Un punto importante es que un ciclo hamiltoniano tiene además que recorrer todos los vértices exactamente una vez (excepto el vértice del que parte y al cual llega).

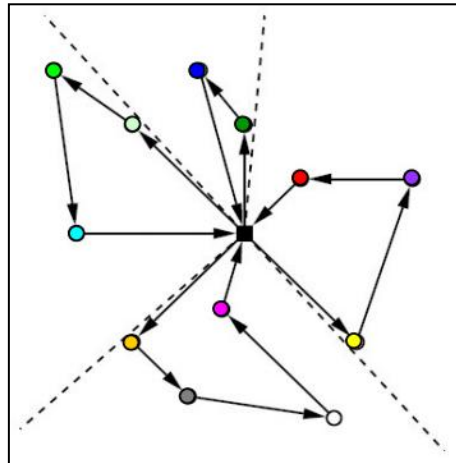
Según este concepto, el problema se puede describir, siendo $G = \{V, A\}$, un grafo, donde $V = 1, \dots, n$ es el conjunto de vértices y A es el conjunto de arcos. El vértice 1 corresponde al punto de origen y termino y los vértices $i = 2, \dots, n$ significan los clientes que se atenderán. A cada arco (i, j) mantiene un valor positivo C_{ij} , el cual representa el costo de trasladarse del vértice o nodo "i" al "j". Este modelo busca definir el orden de la ruta logrando minimizar los costos de traslado, realizando una visita a cada cliente e iniciando y finalizando en el mismo punto.

3.4.3 Soluciones de propuesta

Heurística de barrido o *sweep* [Wren71], [Wren&Holliday72], [Gillett&Miller74]: En esta heurística los clusters se forman ubicando los clientes en un plano y haciendo girar una recta que nace del depósito, luego los clientes son “barridos” por dicha recta hasta que se llegue al tope de la restricción de capacidad del vehículo. Finalmente, cada cluster formado se rutea resolviendo un TSP. Este procedimiento se repite n veces, dependiendo del caso.

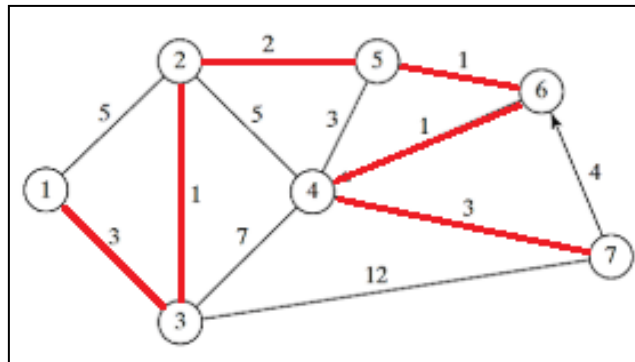
En la Ilustración 3.32 se muestra la aplicación de este procedimiento, donde las líneas punteadas indican los límites de los clusters formados.

Ilustración 3.32: Solución obtenida mediante algoritmo de barrido.



Heurística del vecino más próximo o *Nearest Neighbor* [Pearl10]: Inicialmente se grafican los clientes y se selecciona uno para comenzar, luego el siguiente cliente que es elegido es el más cercano con menor costo, posteriormente se repite el proceso hasta que todos los clientes estén dentro de la ruta. En la Ilustración 3.33 se presenta una solución para esta heurística.

Ilustración 3.33: Solución obtenida Heurística del vecino más próximo.



Heurística de curvas de llenado: Mapean el plano en una línea, es decir, todos los clientes se van uniendo por medio de una “cuerda”, logrando crear la ruta.

Heurística de mejoramiento K-intercambios [Fredman et al95], [Aarts&Lenstra03]: Dada una solución, se trata de mejorar cambiando k ejes de la solución. Consiste en moverse de vecino en vecino hasta encontrar una solución que no se pueda mejorar. A este tipo de heurísticas se les llama de optimización local.

3.5 Tipos de Herramientas

Durante el desarrollo de este trabajo se utilizaron algunas herramientas que ayudaron a la visualización de los datos, que permitieron trabajar de mejor forma para lograr obtener los mejores resultados posibles. En el caso de este trabajo, se buscó y se utilizaron herramientas que se acomodaran a la cantidad de datos con el cual se trabajo y se pensó en la disponibilidad de uso de estos.

3.5.1 ArcGis

Se trata de un sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, con el fin de poner información geográfica a disposición de empresas de diversas áreas. Es una infraestructura para elaborar mapas y poner la información geográfica a disposición de los usuarios dentro de un departamento, por toda la organización o entre varias organizaciones.

Una gran ventaja es que los trabajadores con dispositivos móviles pueden actualizar información en terreno, mientras que especialistas analizan la misma información en sus equipos de escritorio. Además, otras ventajas que posee es tener otra visión para resolver problemas, tomar mejores decisiones, planificar adecuadamente, etc.

Con ArcGis se puede crear, compartir y utilizar mapas inteligentes, compilar información geográfica, crear y administrar bases de datos geográficas, crear aplicaciones basadas en mapas, dar a conocer y compartir información mediante la geografía y la visualización.

3.5.2 My Maps

Es una aplicación de Google que permite a los usuarios crear mapas en un plano geográfico, para uso propio o para compartir. Los usuarios pueden añadir elementos, como puntos, líneas y formas, a la vez permite el uso de capas con diferentes estilos y etiquetas con nombre o descripciones que el usuario quiera utilizar.

También es posible poner puntos de interés y configurar indicaciones para saber cómo ir a un lugar a pie, transporte público o en vehículo. Además de esto, se pueden medir distancias y áreas que ayudan a definir el tiempo o distancia a recorrer. En los puntos de interés se pueden incluir reseñas y para complementar se puede acompañar de una imagen propia.

Se le pueden agregar hasta diez capas que sirven para diseñar varias rutas posibles para un mismo mapa e importar datos a través de un archivo CSV o KML. Los mapas tienen la posibilidad de ser impresos, exportables e incluso integrarlo a alguna página web.

3.5.3 Google Maps

Se trata de un servidor de aplicaciones de mapas en la web. Este servicio da imágenes de mapas desplazables, fotografías por satélite del mundo, rutas entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle.

Esta aplicación de mapas entrega diferentes usos, uno de los principales es el de consultar direcciones y calcular rutas en función del medio de transporte escogido para desplazarse entre los puntos, ofreciendo datos de tráfico y otras incidencias según la elección en tiempo real. Además se puede consultar en detalle cómo es un territorio gracias a las fotos por satélite que entrega.

Google Maps permite la creación de pasos para llegar a alguna dirección, esto permite al usuario crear una lista de paso a paso para saber cómo llegar a su destino, calculando el tiempo necesario y la distancia recorrida entre las ubicaciones.

4 Capítulo: Desarrollo de la Metodología

En este capítulo se procede a describir la metodología a llevar a cabo y el desarrollo de ésta, aplicando los estudios y conocimientos adquiridos explicados en el marco teórico de este trabajo.

4.1 Metodología

De acuerdo a los estudios realizados se utiliza el Método de Asignar Primero y Rutear después (*Cluster first, route second*), que procede de dos fases.

Inicialmente se busca formar grupos de clientes, más conocidos como clusters, que luego estén conectados dentro de una misma ruta en la solución final. Por consiguiente, para cada cluster se crea una ruta, en la cual se visiten todos los clientes asignados. Dentro de la primera etapa o fase es tomada en consideración las restricciones de capacidad del vehículo, logrando asegurar que la demanda que se le asigne al vehículo no supere su capacidad y no tenga que volver a la sucursal durante la realización de su ruta.

Dado esto, se construyen las rutas para cada cluster dentro de un Método de Ruteo de flota homogénea, de acuerdo a la cantidad de clientes en cada cluster se puede tener una solución aproximada o exacta.

Se procede a explicar los pasos para obtener las soluciones al problema.

1. Análisis de Restricciones y Limitaciones

Se definen las limitaciones en base a capacidad, tipos de clientes y se detallan las restricciones dentro de la zona de reparto que se utilizan para llegar a la solución.

2. Macro Zonas

El territorio geográfico de distribución, el cual logra satisfacer la Sucursal de Viña del Mar, se divide en zonas, una para cada camión de distribución, la que se delimita u obtiene fronteras de acuerdo a avenidas, calles o pasajes, y coordenadas geográficas. Se realiza un análisis en base a la capacidad de los camiones y la demanda a satisfacer para obtener la flota adecuada de camiones de reparto, de acuerdo a esto, se lleva a cabo un estudio para obtener los camiones que salen de circulación y se reasignan todos los clientes a cada vendedor, mostrando mapas de las zonas de reparto actuales y de la propuesta de zonas nuevas.

3. Micro Zonas

Cada zona asignada a cada camión se fragmenta en 2 o 3 micro zonas, las cuales son atendidas en días determinados y tienen una cantidad de clientes con una cantidad de demanda a satisfacer por día, de acuerdo a su capacidad. Para la realización de esto se hace un análisis de la cantidad de clientes y kilogramos que reparte cada camión en la propuesta, se estudia el lugar geográfico de cada cliente en base a los días de reparto, de acuerdo a eso, se asigna la zona geográfica a cada día de reparto.

4. Selección de clientes por día

A cada camión se le proporciona una cantidad de clientes por día, de acuerdo a la frecuencia de entrega y demanda de cada cliente, se busca tener un balance entre estas variables. Se realiza una comparación de cantidad de clientes y kilogramos entre la propuesta de la Macro zona y la propuesta de las Micro zonas, de acuerdo a esto se modifican los días de entrega de los clientes a los asignados por zona geográfica.

5. Determinar ruta diaria

Se especifica el orden a atender de los clientes, este es determinado de acuerdo a restricciones como demanda y segmentación de cliente, igualmente se toma en consideración las distancias entre ellos.

6. Comparación costos

Se realiza una comparación de costos actuales que se tienen y los costos luego del estudio.

4.2 Análisis de Restricción y Limitaciones

Para lograr los objetivos propuestos, reformas y mejoramientos de las Zonas de Reparto y Rutas se deben tomar en cuenta acciones o modalidades de los clientes y considerar a la empresa y los clientes como un todo, ya que las acciones de cada parte repercuten e influyen en el desempeño que se va a obtener del área de distribución. Es por esta razón, que se pueden tener restricciones en base a los camiones de distribución o en base a los clientes.

Para la realización y conformación de las rutas de los camiones se definen restricciones y limitaciones que ayuden a llegar a las soluciones, como las siguientes:

- Capacidad de carga: Los camiones de repartición tienen una capacidad de carga aproximada de 5.000 kilogramos. Dado esto, diariamente se puede atender una cantidad de clientes limitada a esa cantidad de kilogramos de demanda.
- Inicio y Fin de ruta: La sucursal de distribución de Viña del Mar es el punto de inicio y fin de la ruta de cada día. Todos los camiones de la flota permanecen en la sucursal durante toda la semana, incluyendo días feriados, hábiles y no hábiles. Los camiones son cargados durante la noche con la mercadería correspondiente al día siguiente, es por esta razón que los camiones salen y llegan a la sucursal.
- Zona de Reparto: A cada zona de reparto se le asigna un solo y único camión de distribución. Como anteriormente se menciona, el mantener 2 camiones en la misma zona de reparto, provoca distintos problemas, como desorden en la ruta y mayores gastos de recursos, entre otros, pero se tienen excepciones como camiones que realizan solo repartos a clientes del Canal Supermercado y clientes del Canal *Foodservice*, estos son los únicos que se encuentran autorizados a mantener clientes en las zonas que no le corresponden.
- Clientes prioritarios: Dentro de la ruta se atienden inicialmente a clientes los cuales realicen pedidos de alto volumen y peso, además de clientes dentro del segmento “Grandes Clientes” y “Supermercados”. Dada la gran cantidad de mercadería dentro de las cámaras de frío, es necesario descargar éstas para poder llegar a los pedidos más pequeños y realizar menores gastos de combustible.
- Frecuencia de reparto: Cada cliente mantiene una frecuencia de compra, la cual puede ser mayor o menor, esto va a depender de su segmento o rotación de mercadería que mantenga en su local. Dependiendo de la frecuencia de entrega de cada cliente es la cantidad de días que se le atenderá semanalmente (se toma de Lunes a Sábado). Esto significa:
 - Frecuencia 1: El cliente será atendido un día a la semana.
 - Frecuencia 2: El cliente será atendido dos días a la semana.
 - Frecuencia 3: El cliente será atendido tres días a la semana.
 - Frecuencia 4: El cliente será atendido cuatro días a la semana.
 - Frecuencia 5 y 6: Estos clientes podrán ser atendidos desde 5 a todos los días de la semana.

- Día Entrega: Los clientes son atendidos solo los días de entrega que se le son asignados, no se cargará ni entregará mercadería en días no correspondientes. Si se entregan mercaderías a clientes no asignados al día y zona de reparto, se produce que el camión tenga que salir de ruta determinada creando un desorden a nivel de pedidos en la cámara de frío y en los clientes, además de realizan mayores gastos de recursos.
- Única Atención: El camión atiende solo una vez al día al cliente, no realizará dos o más entregas a un cliente en el mismo día ni pasará dos o más veces por el mismo punto.

4.3 Macro Zonas

Dado el análisis y estudio de los escenarios actuales en que se encuentra la Sucursal de Viña del Mar, se busca determinar el número de camiones pertenecientes a la flota de reparto con el cual se logre maximizar los recursos y satisfacer la demanda de los clientes sin exceder su capacidad.

La flota de reparto se compone de 25 camiones de distribución, los cuales mantienen las mismas características y poseen la misma capacidad en su cámara de frío (5.000 kg), es decir, es un grupo homogéneo.

En base a lo planteado por Racero y Pérez (2006), para obtener el cálculo del número de vehículos a realizar repartos es necesario tomar en cuenta la capacidad del vehículo y la demanda en promedio que se debe satisfacer en la zona, además de la cantidad de viajes que realiza cada camión. Esto puede formularse matemáticamente de la siguiente manera:

$$F = \frac{G \times P}{N \times C}$$

Siendo:

- F : Flota de Reparto
- G x P : Cantidad de demanda a satisfacer
- N : Número de viajes que realiza cada camión
- C : Capacidad de cámara de frío de cada camión

Siguiendo la fórmula anterior, la capacidad de la cámara de frío de cada camión corresponde a 5.000 kg, y cada uno de ellos realizan un viaje para realizar todas las entregas. Además se procede a calcular la demanda en promedio entre todos los clientes a satisfacer, esto se realiza tomando el mayor valor de las ventas promedio en base a kilogramos, esto se muestra en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11: Promedio KG por Día.

	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Promedio KG por día	73.619	70.636	79.655	96.248	111.241	94.066

Elaboración Propia.

La cantidad de camiones pertenecientes a la flota de distribución propuesta es:

$$F = \frac{111.241}{1 \times 5.000} = 22,25 \approx 23 \text{ camiones}$$

De acuerdo a la nueva flota de distribución, se realizó la distribución de las zonas de reparto, es decir, se delimitaron y se reorganizaron de acuerdo a los 23 vendedores que se mantendrán, para esto, se realiza un análisis de los vendedores para obtener cuales son descartados de la Flota de Reparto.

Por cada vendedor se analiza su cantidad de clientes a atender y la cantidad de kilogramos en promedio que reparten al día, esto para llegar a comparar con su capacidad ociosa que mantienen en el camión diariamente, como se observa en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12: Capacidad Ociosa vs. Cantidad Clientes por Vendedor.

Vendedor	Cantidad Clientes	Promedio kg	Kilos maximos	Capacidad Utilizada	Capacidad ociosa
Vendedor 1	8	4175	5000	83%	17%
Vendedor 2	224	1929	5000	39%	61%
Vendedor 3	150	1832	5000	37%	63%
Vendedor 4	8	3720	5000	74%	26%
Vendedor 5	32	5781	5000	116%	-16%
Vendedor 6	110	2959	5000	59%	41%
Vendedor 7	167	3176	5000	64%	36%
Vendedor 8	208	2392	5000	48%	52%
Vendedor 9	174	3309	5000	66%	34%
Vendedor 10	5	3015	5000	60%	40%
Vendedor 11	8	4268	5000	85%	15%
Vendedor 12	191	3136	5000	63%	37%
Vendedor 13	201	1924	5000	38%	62%
Vendedor 14	194	3689	5000	74%	26%
Vendedor 15	4	4499	5000	90%	10%
Vendedor 16	209	3671	5000	73%	27%
Vendedor 17	22	4554	5000	91%	9%
Vendedor 18	155	2357	5000	47%	53%
Vendedor 19	7	3694	5000	74%	26%
Vendedor 20	37	4612	5000	92%	8%
Vendedor 21	212	3210	5000	64%	36%
Vendedor 22	147	3940	5000	79%	21%
Vendedor 23	5	4181	5000	84%	16%
Vendedor 24	145	3031	5000	61%	39%
Vendedor 25	246	1825	5000	36%	64%
Total general	2869	84881	125000	68%	32%

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

En la Tabla 4.12, se observan 3 datos resaltados, los que pertenecen a 3 vendedores que atienden solo clientes pertenecientes al Canal Supermercados. El objetivo de desprenderse de dos de estos vendedores, es lograr disminuir la capacidad ociosa de los camiones que mantienen una gran cantidad de clientes y poder redistribuir de una forma más fácil y rápida un menor número de clientes, ya que, al eliminar un camión que mantiene gran porcentaje de clientes dentro de su zona, se torna más dificultoso el reasignar una cantidad alta de clientes a vendedores que poseen la misma cantidad o superior, esto provocaría un mayor número de clientes a atender por día no logrando dar abasto con las entregas totales diarias, bajando drásticamente el nivel de servicio de la empresa.

De acuerdo a estos tres vendedores, se procede a realizar una comparación en base a aspectos relevantes que son de importancia para la toma de decisiones, éstas se explican a continuación.

- Cantidad de Clientes: Se centra en la cantidad de clientes que posee el vendedor, mientras menor sea su cantidad de clientes mayor será su ponderación.
- Capacidad Ociosa: Representa la capacidad no utilizada con mercadería en la cámara de frío del camión, si se obtiene mayor capacidad ociosa será mayor su ponderación. Este aspecto será tomado en base a los porcentajes de capacidad ociosa.
- Locales Alejados: Se focaliza en observar la distancia entre los locales a atender por el camión de distribución, mientras los locales estén más alejados mayor será su ponderación. Este aspecto es tomado en base a los kilómetros de distancia.
- Otros vendedores cerca de locales: Se centra en la cantidad de vendedores que se encuentran alrededor de los locales que se analizan, mientras mayor sea el número de vendedores cerca del local mayor será su ponderación.

Cada vendedor tiene una ponderación por cada aspecto, la cual ira de 1 a 5, como se muestra a continuación:

- Cantidad de Clientes:
 - 1 – 2 clientes: 5
 - 3 – 4 clientes: 4
 - 5 – 6 clientes: 3
 - 7 – 8 clientes: 2
 - 9 – 10 clientes: 1
- Capacidad Ociosa:
 - 1% – 10%: 1
 - 11% – 20%: 2
 - 21% – 30%: 3
 - 31% – 40%: 4
 - 41% – 50%: 5
- Locales Alejados:
 - 1 – 5 Km: 1
 - 6 – 10 Km: 2
 - 11 – 15 Km: 3
 - 16 – 20 Km: 4
 - 21 – 25 Km: 5
- Otros Vendedores:
 - 1 – 2 vendedores: 1

- 2 – 4 vendedores: 2
- 5 – 6 vendedores: 3
- 7 – 8 vendedores: 4
- 9 – 10 vendedores: 5

En base a las ponderaciones expuestas, se ilustra en la Tabla 4.13 los resultados que se obtuvieron por cada vendedor.

Tabla 4.13: Ponderación Aspectos por Vendedor.

Vendedor	Cantidad de Clientes	Capacidad Ociosa	Locales Alejados	Otros Vendedore	Total
Vendedor 4	2	3	5	4	14
Vendedor 10	3	4	1	1	9
Vendedor 19	2	3	3	3	11

Elaboración Propia.

De la Tabla 4.13, se seleccionaron los dos puntajes mayores que corresponden a los Vendedores 4 y 19, con 8 y 7 clientes respectivamente. Estos vendedores no serán considerados dentro de la propuesta, reasignando sus clientes a las nuevas zonas de reparto.

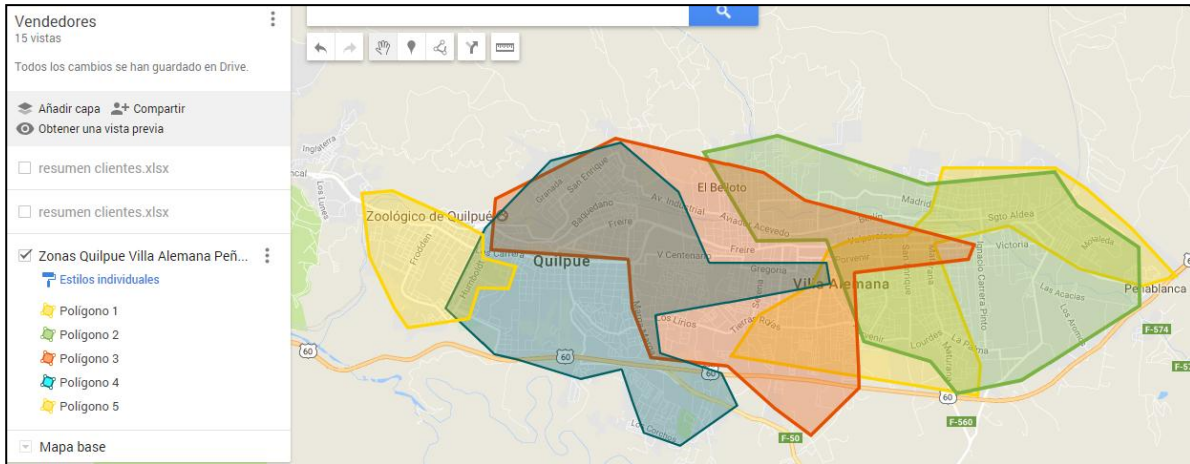
4.3.1 Modificación Zonas de Reparto

Se procedió a realizar la reorganización de las zonas de reparto, visualizando las zonas actuales en la plataforma “My Maps” para su modificación.

Inicialmente se dibujan las zonas actuales en el mapa, con el objetivo de que todos los clientes queden asignados correctamente luego de georreferenciar cada uno en el mapa, con el objetivo de no realizar mezclas de rutas entre los camiones. El procedimiento a seguir es el siguiente.

Al graficar y dibujar las zonas se demuestra que estas se encuentran sobrepuestas, mostrando grandes irregularidades, por esto se debe redefinir los límites de la zona, siendo este llamado Polígono en “My Maps”, con el objetivo de no provocar confusiones a la hora de asignar los clientes. En la Ilustración 4.34, se observa este problema, como ejemplo se muestran las zonas de Quilpué, Villa Alemana y Peñablanca.

Ilustración 4.34: Zonas de Reparto Actuales Quilpué, Villa Alemana y Peñablanca.



Elaboración Propia en My Maps.

En la Ilustración 4.34 se presentan las zonas correspondientes a 4 vendedores, siendo Polígonos Amarillos el Vendedor 7, Polígono Azul es el Vendedor 13, Polígono Rojo el Vendedor 12 y finalmente el Polígono Verde es el Vendedor 9.

Para la modificación de las Zonas de Reparto, se estimó junto a los Supervisores de la Sucursal que una cantidad adecuada de clientes para cada vendedor es de 170 a 190 clientes aproximadamente, la cantidad que finalmente se le asigna al vendedor depende de la demanda que deba cubrir y la zona geográfica en donde deba realizar entregas el camión de distribución. Es por esto que se estudia la cantidad de clientes y la demanda que actualmente satisfacen estos vendedores, como se muestra en la Tabla 4.14, para luego al reorganizar las zonas de reparto de la propuesta se puedan mejorar los valores actuales, tratando a su vez de mantener una similitud entre las cantidades actuales y las propuestas.

Tabla 4.14: Datos Actuales de Vendedores.

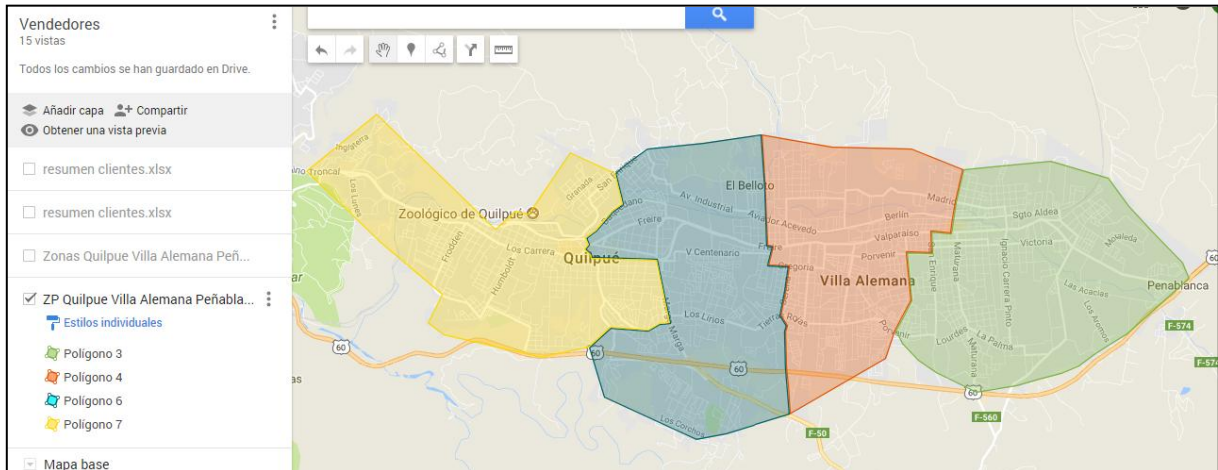
Actualidad	Cantidad Clientes	KG Promedio Semanal
Vendedor 7	167	19058
Vendedor 9	174	19855
Vendedor 12	191	18816
Vendedor 13	201	11542

Elaboración Propia.

Posterior a esto, en el mapa se agrupan clientes hasta llegar al promedio anteriormente mencionado, luego, en base a los Polígonos vistos en la Ilustración 4.34, se estudian las avenidas y calles por las cuales se mueven estos camiones teniendo gran

porcentaje de clientes, haciendo de estas calles los límites de las zonas. Esto se realiza modificando los polígonos actuales como se muestra en la Ilustración 4.35.

Ilustración 4.35: Zonas de Reparto Propuestas para Quilpué, Villa Alemana y Peñablanca.



Elaboración Propia en My Maps.

Como se observa en la Ilustración 4.35, se delimitaron las zonas, además de juntar las zonas pertenecientes en Vendedor 7 (amarillo) y convertirla en solo una zona. Todos los vendedores sufrieron modificación de sus zonas, por lo tanto se le asignaron y quitaron clientes, de esta forma, mantienen la cantidad de demanda a satisfacer y su cantidad de clientes, no teniendo que realizar grandes traslados entre ellos. Los clientes pertenecientes al Vendedor 7 de la zona de Peñablanca y Villa Alemana fueron asignados a los Vendedores 9 (verde) y 12 (rojo) respectivamente, estos manteniendo su zona y gran cantidad de sus clientes, al igual que el Vendedor 13, que su zona se movió hacia Villa Alemana pero mantiene gran parte de sus clientes, aun que parte de los ubicados en Quilpué pasaron a ser atendidos por el Vendedor 7.

De acuerdo a esta modificación, se analizan los datos de propuesta en base a la cantidad de clientes y demanda, como se muestra en la Tabla 4.15.

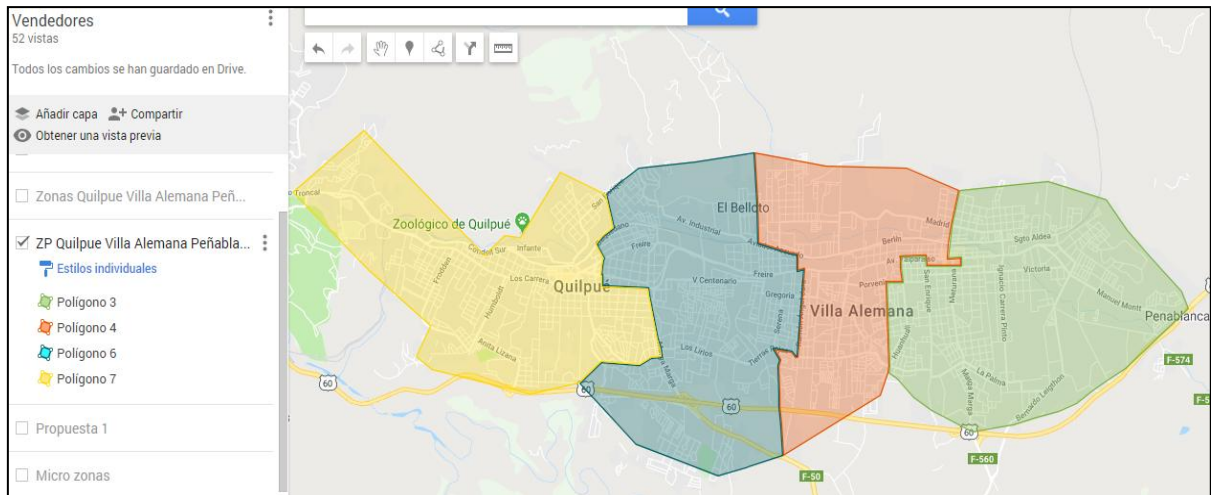
Tabla 4.15: Datos Propuestos de Vendedores.

Propuesta	Cantidad Clientes	KG Promedio Semanal
Vendedor 7	221	14256
Vendedor 9	191	22035
Vendedor 12	161	20642
Vendedor 13	187	19309

Elaboración Propia.

En base a estos datos, y haciendo una comparación con los datos actuales de los vendedores se logra visualizar que todos los vendedores sufrieron cambios en las variables estudiadas, pero el que sufre mayor modificación en base a la cantidad de clientes es el Vendedor 7, el cual mantiene un caso especial que es explicado más adelante. Además de esto, se muestra que los Kilogramos en promedio semanalmente aumentaron beneficiando la disminución de la capacidad ociosa de los camiones, aun con esto, se realizaron modificaciones a las zonas para dejar más equilibrado los valores de las variables para los vendedores. Luego de esto en la Ilustración 4.36, se muestra como quedaron las Zonas de Reparto finalmente.

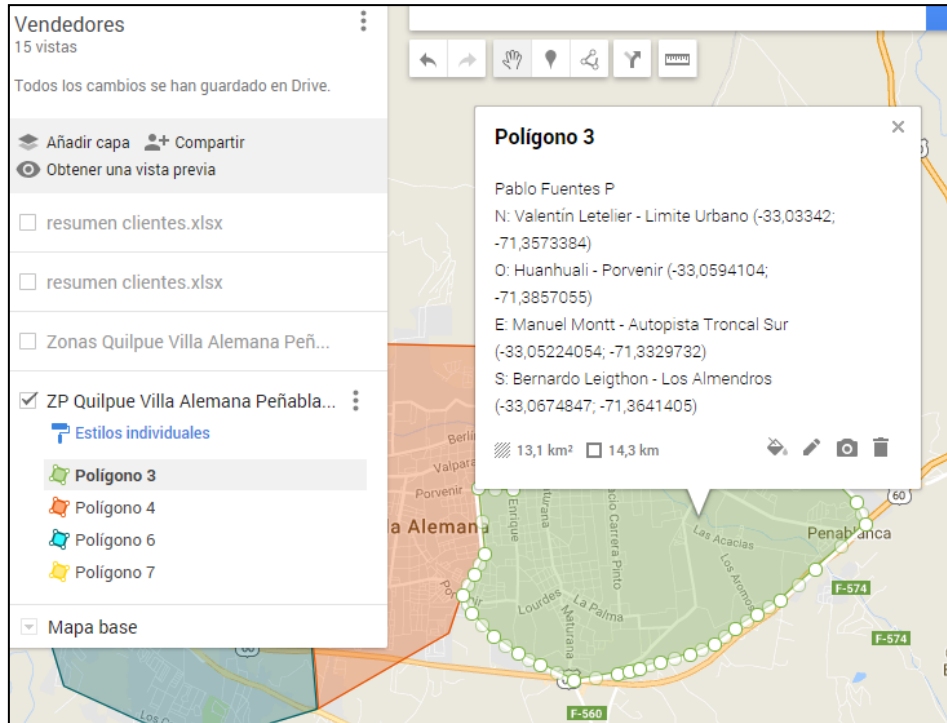
Ilustración 4.36: Zonas de Reparto Propuestas Modificadas.



Elaboración Propia en My Maps.

Por último en la Ilustración 4.37, se observa más específicamente cada dato e información de cada zona, esto quiere decir, que al seleccionar un polígono se muestra el vendedor que atiende esa zona y las fronteras o bordes en base a avenidas o calles y coordenadas geográficas.

Ilustración 4.37: Zona de Reparto Propuesta con Delimitación.



Elaboración Propia en My Maps.

De acuerdo a la propuesta, se realizó una comparación simple, previa a la modificación de las Micro zonas, mostrándose como ejemplo a dos vendedores, los cuales presentan distintas situaciones.

En Tabla 4.16, se analizó al Vendedor 7, ya que es el que presenta mayor modificación geográfica de su Macro zona. En este análisis se observa un leve aumento entre las cantidades de clientes en promedio a atender por día y una pequeña variación de la demanda que satisface, o sea los kilogramos que entrega por día, esto se debe al segmento de clientes que atiende en la situación de propuesta, para lograr mantener la cantidad de kilogramos se debió aumentar la cantidad de clientes para compensar y mantener un equilibrio. Su Macro zona se movió al inicio y centro de Quilpué, en donde se tiene gran cantidad de clientes del Canal Tradicional, los cuales no realizan grandes compras, dando paso a la disminución de kilogramos de la propuesta para él, a diferencia de la situación actual que atiende clientes del Canal Supermercados ubicados en Villa Alemana.

Tabla 4.16: Comparación en promedio de Actualidad vs. Propuesta Vendedor 7.

	Actualidad					
Vendedor 7	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Cantidad Clientes	19	23	27	26	24	38
Cantidad Kilogramos	1.657	2.508	2.871	5.260	3.178	3.618
	Propuesta Macro Zona					
Vendedor 7	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Cantidad Clientes	28	39	32	34	26	49
Cantidad Kilogramos	1.488	2.159	4.015	2.410	3.797	3.185

Elaboración Propia.

Por otro lado, se tiene al Vendedor 9, que en la Macro zona propuesta se mantiene en la misma zona que permanece en la actualidad, pero la cantidad de clientes le son aumentados acorde a la cantidad de kilogramos que puede repartir. A pesar de que en la Tabla 4.17 se ve una gran cantidad de kilogramos el día Jueves en la Propuesta de la Macro zona, estos son redistribuidos en la organización de las Micro zonas.

Tabla 4.17: Comparación en promedio de Actualidad vs. Propuesta Vendedor 9.

	Actualidad					
Vendedor 9	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Cantidad Clientes	33	18	24	33	27	22
Cantidad Kilogramos	2.033	2.189	4.227	2.948	5.582	2.875
	Propuesta Macro Zona					
Vendedor 9	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Cantidad Clientes	19	19	42	24	37	25
Cantidad Kilogramos	1.943	3.453	4.614	5.598	5.759	4.796

Elaboración Propia.

Estos procedimientos descritos se llevan a cabo con todos los vendedores de la Sucursal de Viña del Mar, esto significa que se realizaron los mismos pasos en las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Concón, Curauma y Casablanca. Además es importante mencionar que de esta parte en adelante los datos mostrados son en promedio, es decir, los clientes o los kilogramos pueden tener ciertas variaciones.

4.4 Micro Zonas

Dado a los resultados obtenidos en el punto anterior, cada Macro Zona formada para cada vendedor se divide en Micro zonas, en las cuales los clientes son atendidos días determinados de acuerdo a sus frecuencias e historial de compra.

La clasificación de las Micro zonas es de dos formas dependiendo de las comparaciones por día que se realicen de los clientes, esto da paso a las modalidades:

- LU – JU, MA – VI, MI – SA: La Macro zona es dividida en 3 Micro zonas, esto significa que los clientes que estén en la Micro zona de LU – JU son atendidos solo esos días, a menos que el cliente mantenga una frecuencia mayor a 2.
- LU – MI – VI, MA – JU – SA: La Macro zona es dividida en 2 Micro zonas, es decir, los clientes que están ubicados en la Micro zona de LU – MI – VI son atendidos solo esos días, a menos que el cliente presente una frecuencia mayor a 3.

Para saber la clasificación de cada Macro zona, se georreferencian los clientes por día en la Macro zona propuesta, luego de esto se observa donde se concentran los clientes cada día de la semana y se comparan, posteriormente se selecciona la Micro zona para cada lugar geográfico.

Se especifica el caso de los vendedores anteriores como ejemplo, ya que cada uno tiene una clasificación distinta en base a las Micro zonas. Inicialmente se analiza el historial de ventas entregado por la Sucursal de Viña del Mar, con el fin de estudiar los clientes que son atendidos cada día, con esto se muestra la zona en la cual se mueve el camión diariamente.

Se revisan los datos de la Propuesta de Macro zona del Vendedor 7, mostrados en la Tabla 4.18, donde se observa la cantidad de clientes en promedio que atiende por día y la cantidad de kilogramos que reparte, esto para saber la cantidad de clientes georreferenciados por día y evitar grandes modificaciones.

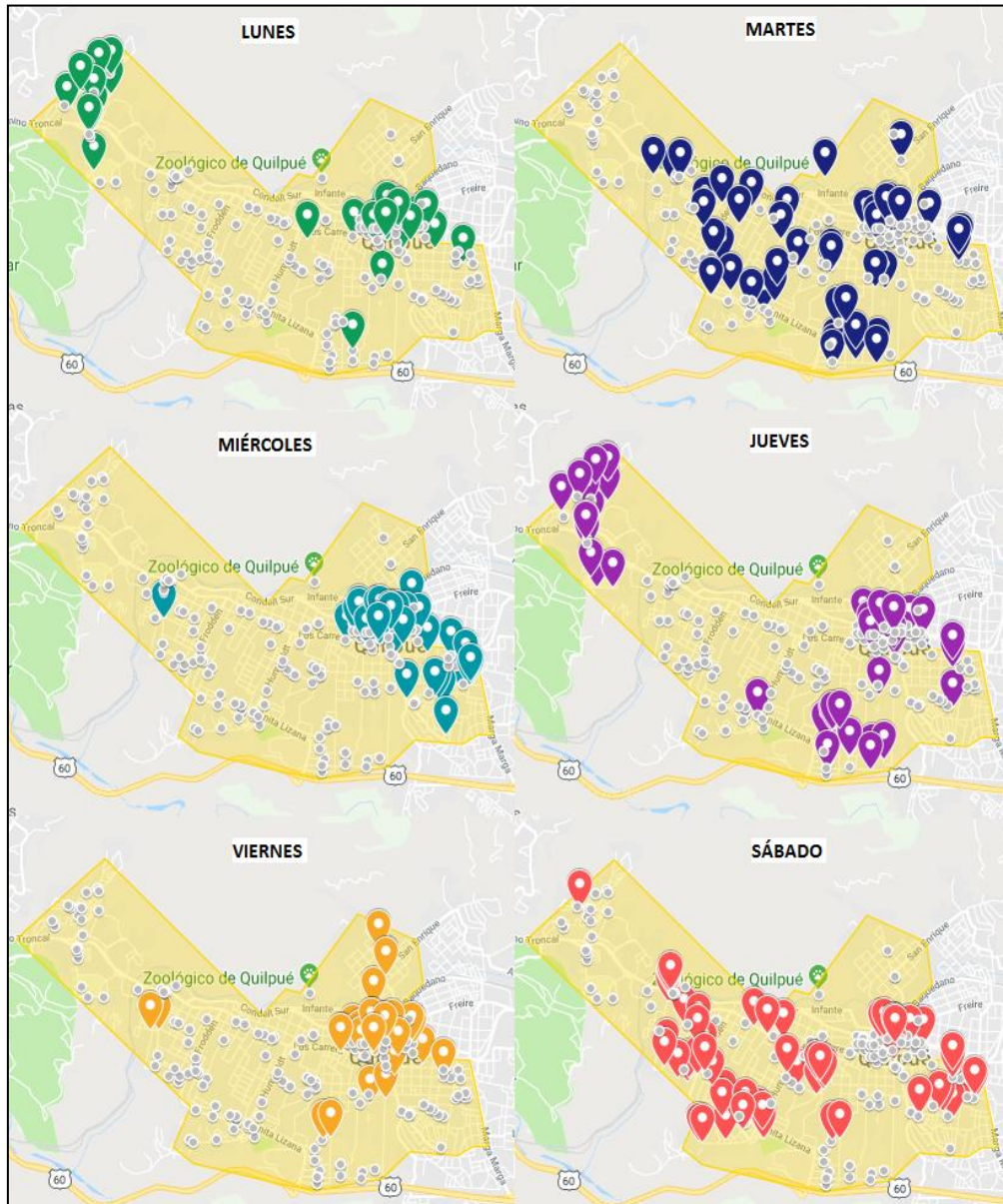
Tabla 4.18: Datos por Día Macro Zonas Vendedor 7.

Vendedor 7	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Cantidad Clientes	28	39	32	34	26	49
Cantidad Kilogramos	1.488	2.159	4.015	2.410	3.797	3.185

Elaboración Propia.

Estos clientes son graficados por día sobre la Macro Zona formada anteriormente, esto ayuda a visualizar las zonas en donde se centran estos clientes. En la Ilustración 4.38 se muestran los clientes que se atienden por día.

Ilustración 4.38: Geolocalización de Clientes por Día Vendedor 7.



Elaboración Propia en My Maps.

De acuerdo a la Ilustración previa, se logra observar la concentración de los clientes cada día, en base a esto se muestra que los días Lunes, Miércoles, Jueves y Viernes presentan una gran similitud, realizando entregas mayormente en el lado derecho de la Macro zona, correspondiente al centro de Quilpué, siendo la mayor parte de ellos pertenecientes a Canal

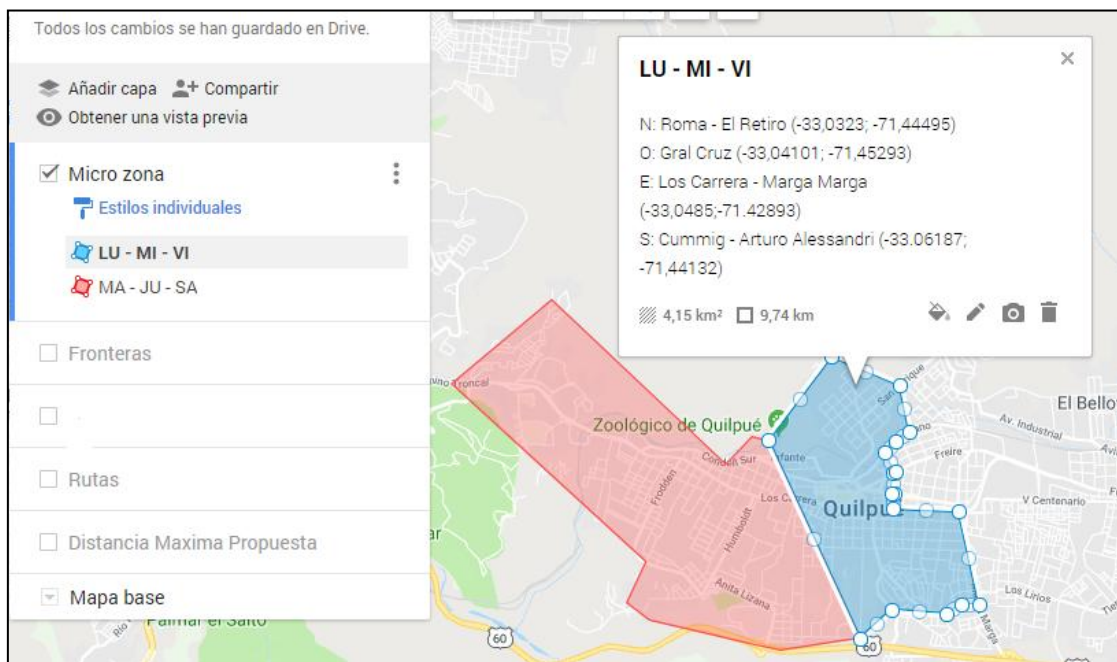
Foodservice y Grandes Clientes, a la vez presenta al lado izquierdo de la Macro zona, que representa el inicio de Quilpué, unos pocos clientes pertenecientes al Canal Tradicional.

Por otro lado, los días Martes y Sábado presentan gran parecido, teniendo que realizar entregas a clientes del Canal Tradicional ubicados en el centro de la Macro zona, siendo la periferia de Quilpué y menor cantidad de clientes del Canal Foodservice y Grandes Clientes en lado derecho perteneciente al centro de éste.

Es por estas razones que se forman dos Micro zonas para el Vendedor 7, es decir, una Micro zona que corresponde al lado derecho de la Macro zona es atendida los días Lunes, Miércoles y Viernes y la zona de la izquierda de la Macro zona es atendida por los días Martes, Jueves y Sábado. Esta modificación se realiza buscando no afectar en gran medida al cliente, es decir, se intenta tener el menor nivel de modificación en los días de entrega que ya poseen los clientes actualmente.

De acuerdo a lo anterior, en la Ilustración 4.39 se muestra como son finalmente las Micro zonas del Vendedor 7, visualizando los bordes o fronteras de cada una de ellas, nombrando las coordenadas geográficas y calles o avenidas, al igual que se realizó con la Macro Zona.

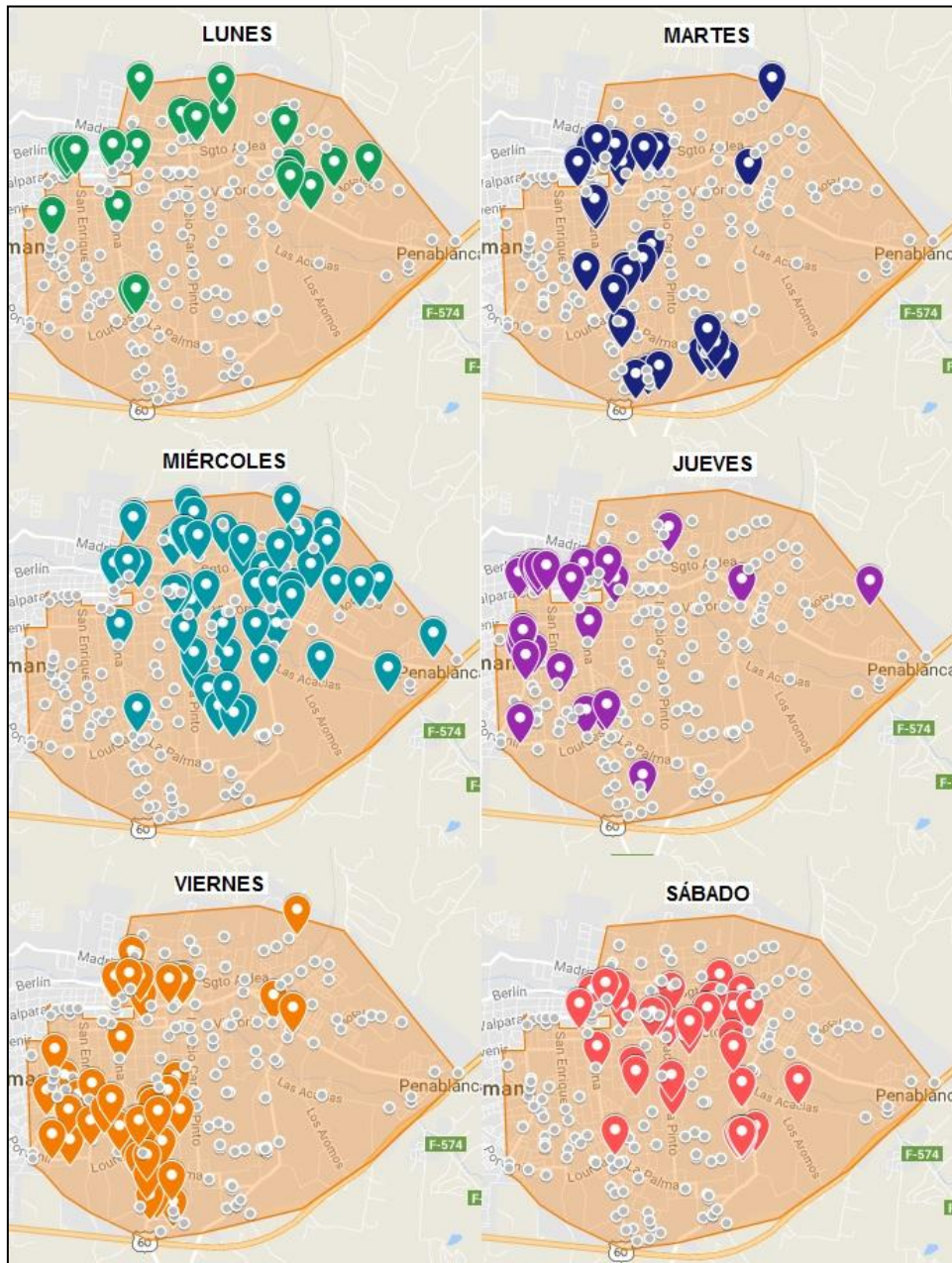
Ilustración 4.39: Micro Zonas de Reparto con Fronteras Vendedor 7.



Elaboración Propia en My Maps.

Al igual que se realizó con el Vendedor 7, se trabajó con el Vendedor 9, ya que presenta otra modalidad de Micro Zonas, se procedió a realizar el mismo procedimiento con los datos de la Macro zona del vendedor, luego se georreferenciaron los clientes por día como se muestra en la Ilustración 4.40.

Ilustración 4.40: Geolocalización de Clientes por Día Vendedor 9.



Elaboración Propia en My Maps.

Dada la geolocalización anterior, se observa en las imágenes que los clientes a atender los días Miércoles y Sábado se encuentran en las mismas zonas geográficas, ubicados en el centro de la Macro zona del Vendedor 9, teniendo variados tipos de clientes, ya que presenta clientes grandes en el centro de Peñablanca y parte de Villa Alemana, que mantienen una frecuencia alta de entrega y clientes pequeños, es decir del Canal Tradicional a los alrededores del centro anteriormente nombrado.

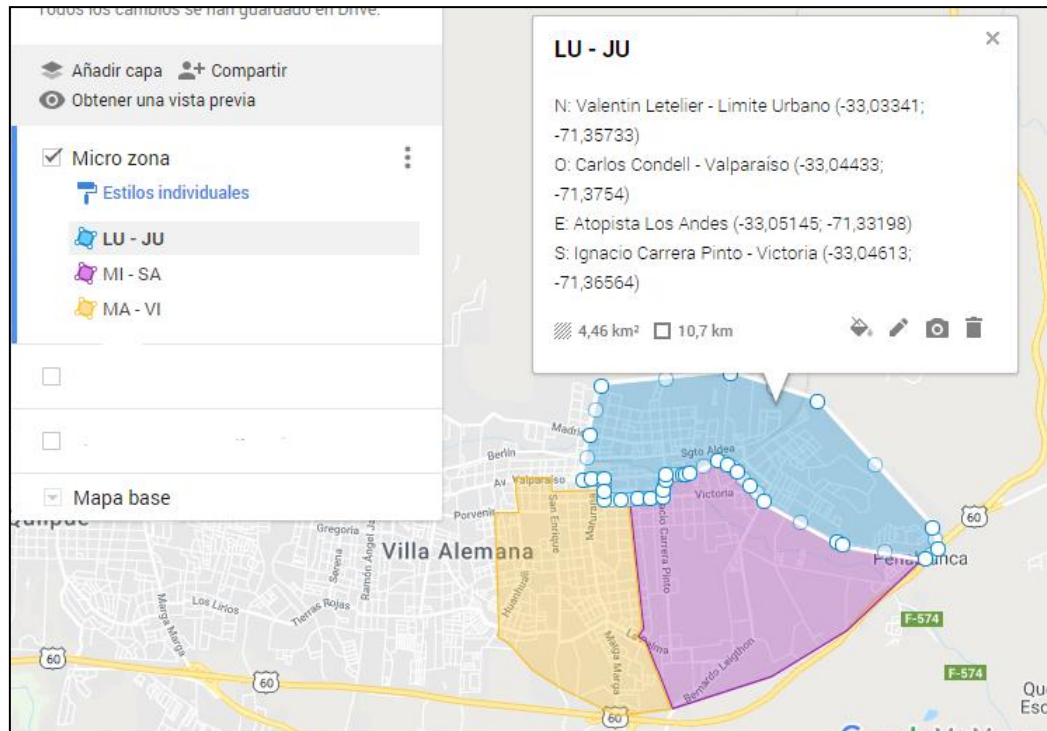
Los clientes a los cuales realiza entrega el día Martes y Viernes tienen una ubicación muy parecida a los días comentados con anterioridad, en el centro y alrededores de la macro zona de reparto, teniendo clientes del Canal Tradicional y *Foodservice*.

Dado los días anteriores, finalmente se analizan los días Lunes y Jueves, los cuales tienen en común entregas en el centro de Peñablanca.

Dado este análisis, se forman las Micro zonas del Vendedor 9, en este caso la Macro zona se divide en tres Micro zonas, correspondientes a LU – JU, MA – VI y MI – SA. Se realiza esta división de tres zonas, ya que, se encuentran dos pares de días con grandes semejanzas, provocando mayor facilidad en las modificaciones. Si se dividiera en dos micro zonas, como LU – MI – VI y MA – JU – SA, los días mostrados no coincidirían en ningún dato y se tendría que modificar la entrega de un número elevado de clientes, provocando mayor dificultad para realizar la propuesta, además que las micro zonas quedarían muy grandes geográficamente y el camión tendría que movilizarse grandes tramos.

Luego de este análisis, se procede a asignar la zona geográfica para cada Micro zona y dando los bordes o fronteras de cada una. Al igual que la Macro zona, son en base a avenidas o calles y se nombran las coordenadas geográficas de cada una, como se muestra en la Ilustración 4.41.

Ilustración 4.41: Micro Zonas de Reparto con Fronteras Vendedor 9.



Elaboración Propia en My Maps.

En base a las Micro Zonas Propuestas se procede a realizar un balance entre la cantidad de clientes y Kilogramos y se realiza el cambio de día de entrega de los Clientes hacia el día que corresponde geográficamente.

4.5 Selección de clientes por día

Luego de que a cada camión se le asignara una zona geográfica para realizar entregas, es decir, una Macro Zona, se les da una cierta cantidad de clientes, dado esto se realizó una selección geográfica de cada Micro Zona, asignando a cada una días de entrega para los clientes de esa zona geográfica.

De acuerdo a esto se procede a realizar un balance de la cantidad de clientes y kilogramos a repartir cada día de entrega, es decir, de Lunes a Sábado, con esto se busca tener un orden en la atención a los clientes, además de equilibrar las cargas de entregas.

Para lograr esto, se realiza un análisis en base a la cantidad de clientes y kilogramos, para esto, se visualizan los datos de la propuesta de la Macro zona y los datos que se obtienen luego de realizar las Micro zonas, el objetivo de esto es observar las modificaciones

que se llevaron a cabo, es decir, cuanto variaron los datos desde el punto de inicio de la propuesta hasta la selección de las Micro zonas.

De acuerdo a lo que se concluyo de este análisis, si se da que aun no hay un equilibrio entre los días de reparto, es decir, si no se ve un balance en la cantidad de clientes y kilogramos a entregar, se realiza una modificación en los días de entrega de ciertos clientes, esto significa, que el cliente no es atendido el día que ya tenía asignado, si no que pasa a ser atendido otro día de acuerdo a la Micro zona en que se encuentre.

En la Tabla 4.19 se muestra la comparación entre la Propuesta de Macro Zona y los datos de las Micro Zonas.

Tabla 4.19: Comparación entre Macro zona y Micro zona Vendedor 7.

	Propuesta Macro Zona					
Vendedor 7	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Cantidad Clientes	28	39	32	34	26	49
Cantidad Kilogramos	1.488	2.159	4.015	2.410	3.797	3.185
	Propuesta Micro Zonas					
Vendedor 7	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Cantidad Clientes	18	39	32	30	38	31
Cantidad Kilogramos	1.593	2.983	5.322	2.056	4.976	2.002

Elaboración Propia en base a datos de Propuesta.

Dados estos datos se visualiza que están relativamente equilibrados, menos el día Miércoles, el cual se sobrepasa del límite de capacidad, además del día Viernes el cual se encuentra casi al límite. Es por esto, que se llega a la conclusión de que el Vendedor 7 no presenta un caso equilibrado, ya que como ejemplo se puede ver que el día Lunes presenta déficit en cantidad de clientes y kilogramos en comparación del día Miércoles como anteriormente se señaló, de acuerdo a esto se procede a cambiar el día de entrega de algunos clientes a los días que mantienen déficit, para lograr una disminución en kilogramos de los días con mayor carga y disminuir la capacidad ociosa que se produciría los días con menor cantidad de kilogramos.

Un punto importante de mencionar, es que los primeros días de la semana se tiende a la tener menor demanda, ya que el fuerte de ventas se centra en los fines de semana, es por esto que la cantidad de clientes a atender de Lunes a Miércoles es mayor pero se tienen menores cantidades de kilogramos.

Posterior a la realización de las modificaciones, se tiene una disminución en los días que se sobrepasaba la capacidad de la cámara de frio logrando pasar clientes y kilogramos a

los días que mantenían déficit, llegando así a un equilibrio durante la semana como se muestra en la Tabla 4.20.

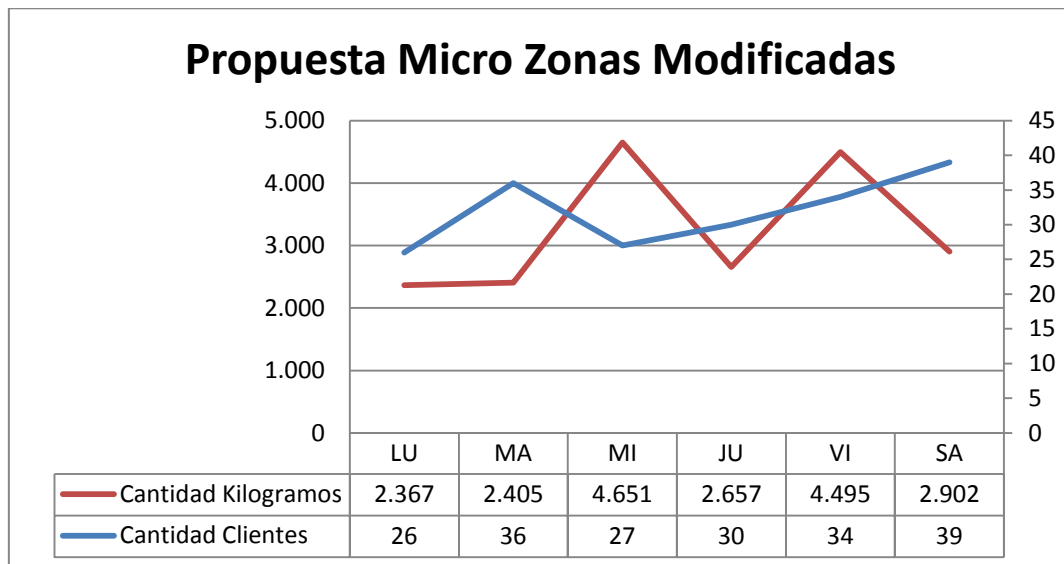
Tabla 4.20: Propuesta de Micro Zonas Modificadas Vendedor 7.

	Propuesta Micro Zona Modificadas					
Vendedor 7	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Cantidad Clientes	26	36	27	30	34	39
Cantidad Kilogramos	2.367	2.405	4.651	2.657	4.495	2.902

Elaboración Propia en base a datos de Propuesta.

Los datos de la tabla previa se visualizan en la Ilustración 4.42, en donde se interpretan de mejor forma y se observa que la línea de clientes se encuentra relativamente equilibrada durante la semana, siendo los días de fin de semana los que presentan una mayor cantidad. Por otro lado, en la línea de kilogramos se manifiestan dos puntos sobresalientes pertenecientes a los días Miércoles y Viernes, en los cuales se realizan entregas a clientes en el centro de Quilpué, es por esto que estos días se maneja gran cantidad de mercadería, además de esto, los demás días de la semana se encuentran equilibrados y acorde a la secuencia de los días.

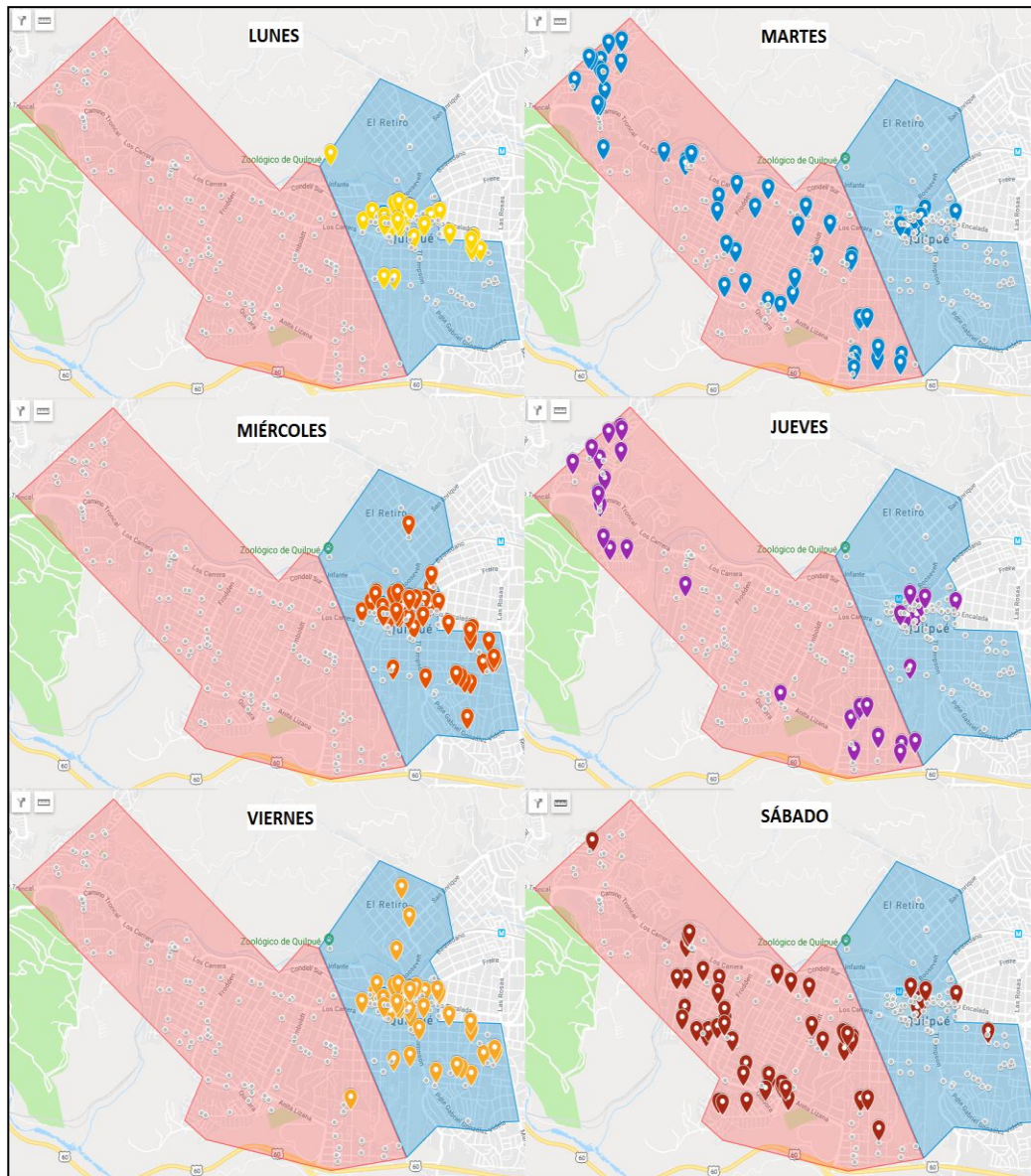
Ilustración 4.42: Propuesta Micro Zonas Modificadas Vendedor 7.



Elaboración Propia en base a datos de Propuesta.

En base a la Propuesta de Micro Zonas modificada para el balance de datos, se muestra en la Ilustración 4.43 los clientes graficados e las Micro Zonas.

Ilustración 4.43: Clientes por Micro Zona Vendedor 7.



Elaboración Propia en My Maps.

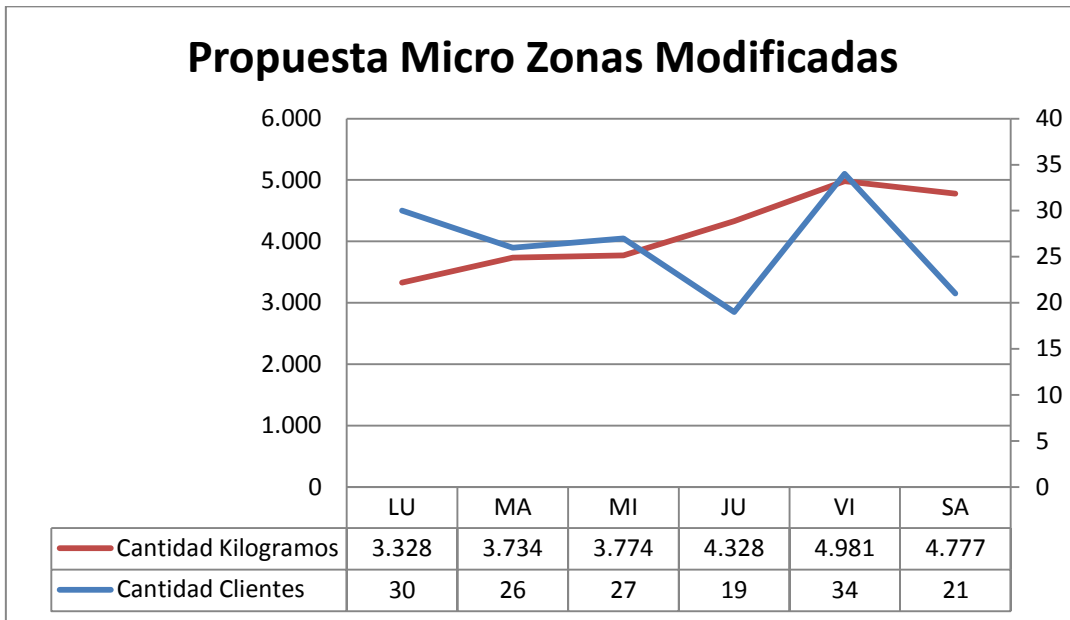
Se logra observar en la anterior Ilustración, que hay clientes que se atienden un día que no corresponde a su zona geográfica, esto se da por la frecuencia de entrega o de reparto que mantienen esos clientes, es decir, que mantienen tres o más días de entrega en la semana o por el canal de venta al cual corresponden.

Por otro lado, este procedimiento se llevo a cabo con los datos del Vendedor 9, analizando los datos de la Macro y Micro zona, llegando a la conclusión de que los días de la semana se dividen en dos grupos que mantienen cierto equilibrio entre ellos, inicialmente los

días Lunes, Martes y Miércoles mantienen un balance en cuanto a la cantidad de kilogramos a repartir y clientes a atender pero con menores valores que el siguiente grupo compuesto por los días Jueves, Viernes y Sábado, en los cuales se mueven grandes cantidades de mercadería. Aun con esto, el segundo grupo sobrepasa la capacidad de la cámara de frío, es por esto que se procede a cambiar el día de entrega de algunos clientes a los días que mantienen déficit.

Finalmente los resultados de la modificación se pueden interpretar de mejor forma en la Ilustración 4.44, en la cual se ve un aumento en la línea de Kilogramos durante el progreso de los días, los clientes varían en su cantidad pero dentro del rango normal tomado por la empresa.

Ilustración 4.44: Propuesta Micro Zonas Modificadas Vendedor 9.



Elaboración Propia en base a datos de Propuesta.

De la Ilustración previa se logra observar que los días que se encuentran cerca al fin de semana ya no sobrepasan la capacidad de 5.000 kilogramos de la cámara de frío y posee un balance durante toda la semana.

De acuerdo a los datos anteriores, finalmente en la Ilustración 4.45 se visualizan los clientes a atender por día dentro de las Micro Zonas.

4.6 Determinar Ruta Diaria

La Sucursal de Viña del Mar satisface la demanda de Viña del Mar, Valparaíso, Concón, Quilpué, Villa Alemana, Peñablanca, Curauma y Casablanca. Este territorio es segmentado en Zonas de Reparto, las cuales son atendidas por cada camión de distribución logrando dar un alto nivel de atención a cada cliente.

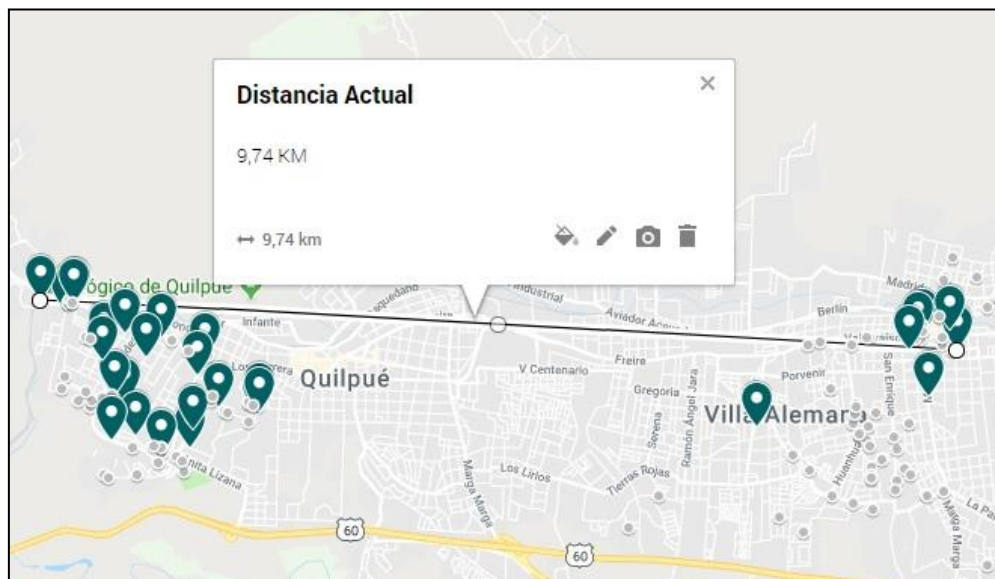
Dentro de los problemas mencionados en los capítulos anteriores, uno de los más importantes es el desorden de estas zonas, provocando una mala organización de las Rutas de Reparto de cada camión de distribución, favoreciendo la capacidad ociosa en las cámaras de frío.

De acuerdo a lo anterior y las modificaciones realizadas a las Zonas de Reparto, se procede a determinar las Rutas Diarias de los vendedores en base a los clientes, restricciones y limitaciones propuestas, buscando minimizar las distancias recorridas por cada camión durante la ruta.

Inicialmente se realiza una comparación de distancias a recorrer por los camiones actualmente y dentro de la propuesta, con el fin de mostrar las distancias máximas de desplazamiento que se da y se podrían dar en el modelo propuesto.

En la Ilustración 4.46 se muestra a modo de ejemplo la distancia entre los clientes más alejados atendidos en promedio el día Martes actual del Vendedor 7.

Ilustración 4.46: Distancia Máxima Actual día Martes.



Elaboración Propia en My Maps.

4.6.1 Formación de Ruta

Para formular las Rutas de los vendedores, se llevan a cabo varios pasos, iniciándose con la exposición de los “parámetros de entrada” para el modelo, varias de ellas fueron nombradas anteriormente.

Mediante lo estudiado en el Estado de Arte, se llegó a la conclusión, que para obtener el modelo matemático se utiliza la Teoría de Grafos, ya que, se adapta a la situación que se tiene en estudio. De acuerdo a esto, se trabaja con una situación temporal, es decir, se toman los clientes propuestos pertenecientes a un vendedor cierto día de la semana. Es importante mencionar que se trabaja con la propuesta mostrada anteriormente.

A modo de ejemplo se trabaja con el Vendedor 7, ya que mantiene gran cantidad de clientes, además se realiza la ruta de los clientes del día Miércoles, día con un aumento significativo de demanda y gran cantidad de entregas o visitas a clientes situados en el centro de Quilpué, teniendo un promedio 27 clientes con una cantidad de 4.651 Kg en productos, es importante tener presente que estos datos son en promedio.

En general el Vendedor 7 tiene asignado 66 clientes para realizar entregas el día Miércoles, pero posee gran cantidad de clientes pertenecientes al Canal Tradicional, esto significa que el mayor porcentaje (56%) de estos clientes compran una vez cada una o dos semanas, es por esto no se les atiende todas las semanas y no serán considerados en la ruta de reparto frecuente para el vendedor.

Un extracto de 5 clientes del total asignado para el estudio se pueden observar en la Tabla 4.21, donde se tiene la información más importante para el estudio, como lo es el nombre del local, la dirección, las coordenadas geográficas y el tipo o canal al que pertenece.

Tabla 4.21: Extracto de Clientes para Estudio.

Local	Dirección	Latitud	Longitud	Tipo de cliente	Subtipo de cliente
Godoy Tirado Hernan del Carmen	Peyronet 1303	-33,053	-71,431	Tradicional	Emprendedores
Amador Alvarado Marcos Hernan	Del Canelo Esq Dr Salas 1510	-33,055	-71,433	Tradicional	Espec. en Crudos
Araya Peña Juana Patricia	Doctor Salas 1466 Peyronet	-33,055	-71,434	Tradicional	Emprendedores
Vasquez Morales Guillermo Hernan	Portales 888 Local 21 Quilpue	-33,046	-71,441	Tradicional	Emprendedores
Arancibia Villa Margarita	Portales 888	-33,046	-71,441	Tradicional	Espec. en Procesados

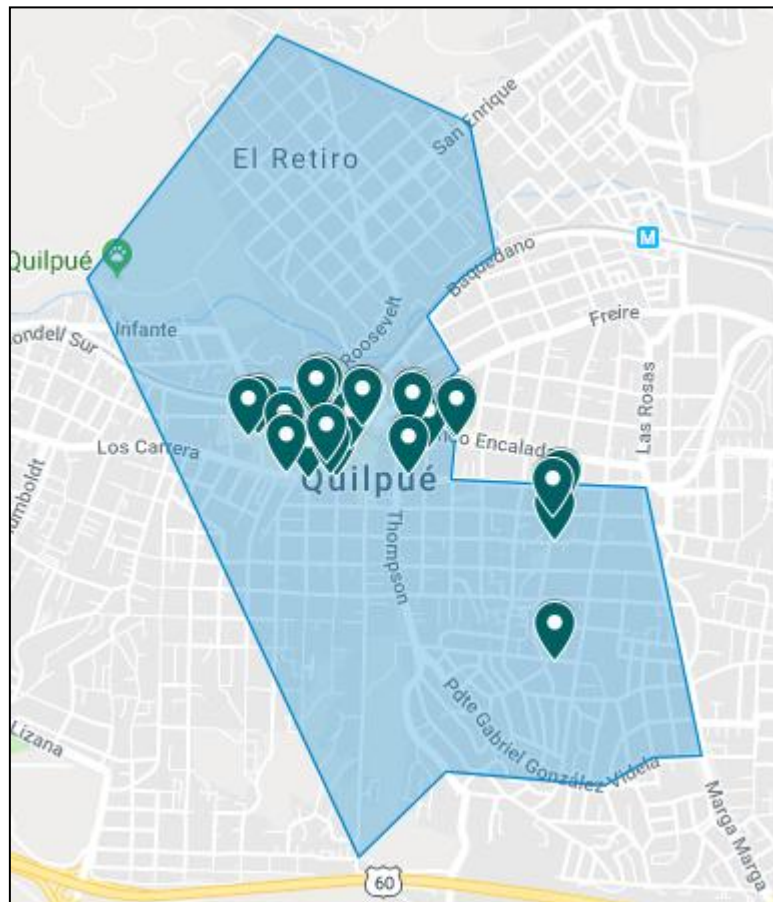
Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

Parámetros de entrada

- Construcción del grafo

Para comenzar es necesario tener georreferenciados o graficados en un plano los clientes asignados para el estudio, estos se muestran en la Ilustración 4.48, en el cual se observa el límite de la Micro Zona perteneciente a los días LU – MI – VI.

Ilustración 4.48: Clientes Día Miércoles Vendedor 7.



Elaboración Propia en My Maps.

Este mapa se elaboró en base a las direcciones y coordenadas geográficas de los clientes como se observa en la Tabla 4.21 (latitud, longitud), este procedimiento es de gran importancia, ya que, cada cliente simboliza o representa un vértice para el modelo, que en conjunto con las aristas formarán el grafo de distribución.

- Distancias entre los Clientes

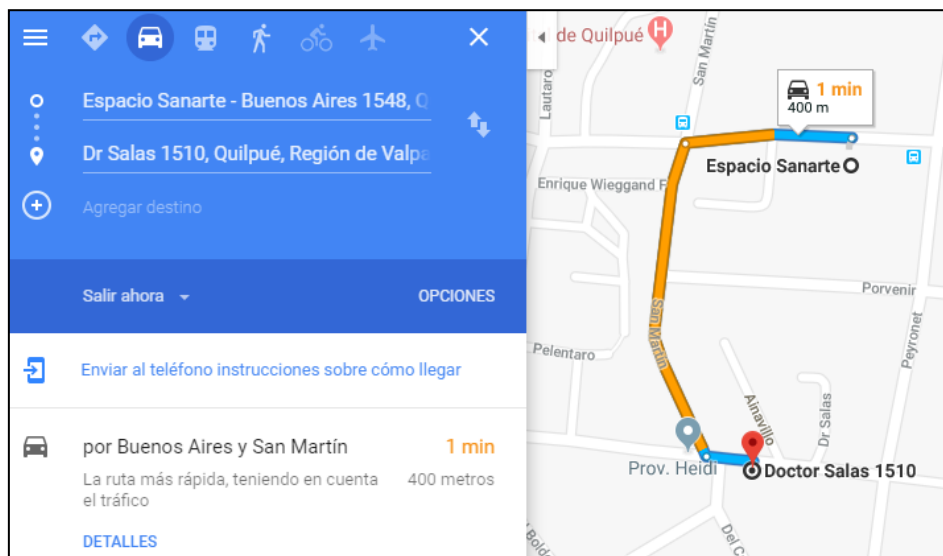
Al tener graficados los clientes en *My Maps*, se continúa realizando la medición de las distancias entre los clientes de la Zona de Reparto. De acuerdo a esto se puede encontrar el trayecto que debe realizar el camión de distribución, logrando minimizar las distancias a recorrer durante la ruta.

Para obtener las mediciones de las distancias se utiliza la aplicación de *Google Maps*, que proporciona la menor distancia de un Punto A a un Punto B y viceversa, las cuales no necesariamente son el mismo valor. Un punto de importancia de esta aplicación es que entrega distintas rutas, distancias y tiempo de llegada. En el caso de estudio se utilizará la distancia menor de acuerdo a los sentidos de las calles.

Para llevar a cabo la medición, los clientes son situados en a las coordenadas geográficas obtenidas de la base de datos SAP, otorgada por la Sucursal de Viña del Mar. En este caso cada cliente pasa a ser un vértice o nodo.

Este procedimiento se visualiza en la Ilustración 4.49, donde se muestran graficados dos clientes, la ruta entregada por la aplicación, la distancia y el tiempo de traslado.

Ilustración 4.49: Medición de distancia entre dos clientes.



Elaboración Propia en Google Maps.

- Matriz de Distancias

La idea principal de hacer la medición entre los clientes es formar la matriz de distancias, en donde se especifican todos los datos obtenidos en la medición, es decir, en la matriz se representaran los trayectos entre los nodos, para con ellos formar la ruta para un día de entrega, especificado anteriormente.

Hay que mencionar que se toma en consideración la Sucursal de Viña del Mar en la matriz de distancias, ya que, es el punto de partida y finalización de la ruta.

Esta matriz es fundamental para obtener la mejor ruta posible, minimizando distancias y costos, tomando en consideración todos los valores posibles.

En la Tabla 4.22, se muestra un extracto de 15 x 15 de la Matriz referente a la Ruta propuesta a realizar por el Vendedor 7, los días Miércoles.

Tabla 4.22: Extracto Matriz de Distancias en Metros.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sucursal Viña del Mar	1	0	11058	9256	11059	11198	11068	8969	8350	9256	10816	9333	8190	8790	8580	11098
Amador Alvarado Mar	2	13730	0	1590	1510	636	1290	1550	1670	1590	1630	1660	2320	1470	1470	536
Arancibia Villa Margar	3	9345	1890	0	863	1380	1010	718	366	0	205	77	875	875	625	1510
Diaz Aviles Sergio José	4	9540	1440	200	0	870	522	913	561	200	400	272	1070	124	820	1000
Lorca Zambrano Rolan	5	14214	636	1070	870	0	700	1120	1240	1070	1160	1120	1830	892	1020	130
Fuenzalida Correa Mar	6	9730	1240	360	180	680	0	980	751	360	590	462	1260	202	910	810
Halty Gutierrez Cecilia	7	9623	1610	713	634	1110	783	0	113	713	521	785	1190	603	383	1250
Beltran Castro Jacquiel	8	9500	1500	600	521	997	620	352	0	600	398	672	1070	490	260	1120
Valenzuela Solis Jose	9	9345	1890	1000	863	1380	1010	718	366	1000	205	77	875	875	625	1510
Flores Aguilar Manuel	10	9098	1680	778	699	1180	798	511	159	778	0	850	668	668	418	1300
Flores Aguilar Manuel	11	9230	1810	910	831	1310	930	643	291	910	130	0	800	800	550	1430
Montupin Toro Moren	12	8996	1980	1080	997	1470	1100	816	466	1080	844	1150	0	966	706	1600
Gastronomica Y Evento	13	10130	1340	760	580	767	400	790	910	760	858	862	1660	0	720	890
Patricia Quezada y Cor	14	9240	1820	920	841	1320	940	653	301	920	138	992	810	810	0	1440
Patricia Quezada y Cor	15	14104	536	2200	970	130	790	1210	1330	2200	1250	1250	2050	1020	1110	0

Elaboración Propia.

La matriz finalmente es de 28 x 28, ya que, se compone de 27 clientes y la Sucursal de la empresa.

- Coeficiente de Importancia

Una parte relevante en base a los clientes, es saber qué nivel de importancia tiene cada cliente para la empresa, esto es de gran significado o valor al realizar la ruta a llevar a cabo un día de trabajo.

El Coeficiente de Importancia se trata de un valor numérico, el cual le asigna un grado de importancia de acuerdo a ciertos criterios a cada cliente. Este coeficiente proporciona información para la realización de la ruta, señalando los clientes más importantes y los que deben de ser atendidos inicialmente durante el día de trabajo.

Para obtener este coeficiente se toman en cuenta ciertos criterios de importancia, los cuales son:

- Frecuencia de entrega: La cantidad de veces que se le hace visitas durante la semana. A mayor frecuencia es más importante.
- Segmentación y Canal de Venta: Dependiendo de la categoría del cliente se le asigna un peso.
- Cantidad de compra: La cantidad que cada cliente compra en base a kilogramos. A mayor cantidad es más importante.

De acuerdo a estos criterios se realiza una matriz, en la cual se trabaja con una escala numérica que da peso a cada criterio para cada cliente. La ponderación por cliente es de 5, 10, 15 y 20, dentro del cual el número 5 es el menos importante y el número 20 es lo más importante. De acuerdo a esto, la ponderación es la siguiente:

- Frecuencia de entrega:
 - Frecuencia 6: 20
 - Frecuencia 5: 15
 - Frecuencia 4: 15
 - Frecuencia 3: 10
 - Frecuencia 2: 5
 - Frecuencia 1: 5
- Segmentación y Canal de Venta:
 - Canal Tradicional:
 - Multiespecialista: 15
 - Especialista en Crudo: 10
 - Especialista en Procesados: 10
 - Emprendedor: 5
 - Canal Supermercado: 20
 - Canal *Foodservice*: 10
 - Canal Industrial: 10
 - Canal Grandes Clientes: 15
- Cantidad de Compra:
 - 1 – 30 KG: 5

- 31 – 80 KG: 10
- 81 – 200 KG: 15
- 201 – Infinito KG: 20

En base a la ponderación anterior, en la Tabla 4.23 se muestra un extracto de 15 clientes de la matriz finalizada, en la cual, las ponderaciones de cada criterio fueron sumadas para obtener como resultado el coeficiente de importancia.

Tabla 4.23: Extracto Coeficiente de Importancia.

Número	Local	Tipo de cliente	Subtipo de cliente	Kilos Promedio	Frecuencia	Criterios			Coeficiente Importancia
						Frecuencia de entrega	Segmentación y Canal de Venta	Cantidad de Compra	
2	Amador Alva	Tradicional	Espec. en Crudos	47	2	5	10	10	25
3	Arancibia Vil	Tradicional	Espec. en Procesados	47	2	5	10	10	25
4	Diaz Aviles S	Foodservice	MenÚe	134	1	5	10	15	30
5	Lorca Zambr	Tradicional	Espec. en Crudos	22	2	5	10	5	20
6	Fuenzalida C	Foodservice	MenÚe	19	2	5	10	5	20
7	Halty Gutieri	Foodservice	MenÚe	26	2	5	10	5	20
8	Beltran Casti	Tradicional	Espec. en Procesados	103	3	10	10	15	35
9	Valenzuela S	Tradicional	Espec. en Procesados	72	3	10	10	10	30
10	Flores Aguil	Tradicional	Espec. en Procesados	121	2	5	10	15	30
11	Flores Aguil	Tradicional	Espec. en Procesados	178	3	10	10	15	35
12	Montupin Tc	Foodservice	MenÚe	18	1	5	10	5	20
13	Gastronomic	Foodservice	MenÚe	37	1	5	10	10	25
14	Patricia Que:	Grandes Client	Zonales	145	4	15	15	15	45
15	Patricia Que:	Grandes Client	Zonales	53	2	5	15	10	30

Elaboración Propia

4.6.2 Formulación del Modelo Matemático a aplicar

En base al Modelo, se busca formar el mejor recorrido de las Rutas de Distribución desarrolladas por los Vendedores, en base a variadas consideraciones, como la distancia, clientes prioritarios, entre otras. Esto quiere decir, que se logra definir el orden de las visitas a realizar a los clientes (nodos), teniendo en cuenta la importancia de cada cliente, su localización y distancia con otros.

Los principales aspectos que requiere el modelo es que se realice un recorrido que pase por una cantidad de nodos, sin ser repetidos e iniciando y finalizando en un punto específico, en este caso se trata de la Sucursal, además de que la distancia a recorrer sea la mínima, es por estas razones que el modelo se basará en una flota homogénea, especificado en el Capítulo 3. La formulación de este problema mostrada en el capítulo nombrado anteriormente, se especifica a continuación, teniendo en cuenta los parámetros de entrada, conjunto de datos y variables de decisión.

- Índices y Parámetros

n = Cantidad de nodos (clientes) en el modelo.

$V = \{1,2,3,\dots,i,\dots,n\}$, es el conjunto de nodos que representan la sucursal (v_0) y los clientes o puntos de entrega en estudio (v_i).

i = representa el nodo de origen.

j = representa el nodo de llegada.

$A(i, j) \mid i, j \in V$, representa el conjunto de arcos que conectan los nodos del conjunto V , es decir, las rutas establecidas entre el nodo i y el nodo j .

D_{ij} = distancia recorrida desde el nodo i hasta el nodo j .

C_{ij} = coeficiente de importancia del nodo j .

- Variables de decisión:

Representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo. Es decir, son incógnitas que deben ser determinadas a partir de la solución del modelo, es por eso, que representan los valores conocidos del sistema o que se pueden controlar.

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si el vehiculo va del nodo } i \text{ al nodo } j \\ 0, & \text{si es otro caso} \end{cases}$$

- Función Objetivo:

Se trata de una relación matemática entre las variables de decisión y parámetros que representa el objetivo del sistema. Con esta función se logra medir la efectividad del Modelo formulado en función de las variables. En este caso, la distancia entre los clientes o dicho de otra forma, la distancia recorrida por los camiones de distribución es una de los parámetros más importantes para la función objetivo.

$$\min = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} X_{ij} * \frac{D_{ij}}{C_{ij}}$$

- Restricciones:

Representan el conjunto de relaciones entre las variables de decisión y los recursos disponibles que normalmente son limitados. Las restricciones del modelo limitan el valor de las variables de decisión.

Las restricciones que se deben tomar en cuenta al realizar las rutas de reparto son que cada camión de distribución inicie y finalice su recorrido en la Sucursal de Viña del Mar, que cada cliente tenga una única atención durante el día y que los clientes prioritarios sean los primeros atendidos dentro de la ruta. De acuerdo a estas, se tienen las siguientes restricciones:

- Iniciar visita una sola y única vez a cada cliente (nodo)

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n X_{ij} = 1 \quad \forall j \in V$$

- Finalizar visita una sola y única vez a cada cliente (nodo)

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n X_{ij} = 1 \quad \forall i \in V$$

- Vehículo inicia desde la Sucursal

$$\sum_{j=1}^n X_{0j} = 1$$

- Vehículo finaliza en la Sucursal

$$\sum_{i=1}^n X_{i0} = 1$$

- Eliminar Sub-rutas para mantener continuidad de flujo, es decir, de ruta

$$\sum_{i \in V} X_{ij} - \sum_{j \in V} X_{ji} = 0 \quad i \in V, j \in V$$

- Restricciones sobre la naturaleza de las variables

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 0, \dots, n; i \neq j$$

4.6.3 Matriz Modelo para LINGO

La Matriz Modelo se trata de una matriz en la cual se encuentran fusionadas la Matriz de Distancias y el Coeficiente de Importancia de cada cliente explicadas anteriormente, para finalmente ser introducida al programa LINGO y realizar la Ruta diaria más eficiente y eficaz.

Para la realización de esta matriz se tomó en consideración la Sucursal y los 27 clientes con sus respectivos Coeficientes de Importancia, para poder satisfacer la función objetivo anteriormente formulada.

Para obtener los resultados buscados, la distancia entre el nodo i y el nodo j fue dividida por el Coeficiente de Importancia del nodo j , señalando su nivel de importancia, es decir, si se va desde el cliente 2 al cliente 5 se tiene que considerar el Coeficiente de Importancia del nodo final o al que se llegará, o sea el del cliente 5. Esto se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\frac{D_{ij}}{C_j} = \frac{D_{25}}{C_5} = \frac{636 \text{ mt.}}{20} = 32$$

En la Tabla 4.24 se ve un extracto de 15x15 de la Matriz Modelo que luego será ingresada a LINGO.

Tabla 4.24: Extracto Matriz Modelo en Metros.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sucursal Viña del Mar	1	0	442	370	369	560	553	448	239	309	361	267	410	352	191	370
Amador Alvarado Marc	2	13730	0	64	50	32	65	78	48	53	54	47	116	59	33	18
Arancibia Villa Margari	3	9345	76	0	29	69	51	36	10	0	7	2	44	35	14	50
Diaz Aviles Sergio Jose	4	9540	58	8	0	44	26	46	16	7	13	8	54	5	18	33
Lorca Zambrano Roland	5	14214	25	43	29	0	35	56	35	36	39	32	92	36	23	4
Fuenzalida Correa Mar	6	9730	50	14	6	34	0	49	21	12	20	13	63	8	20	27
Halty Gutierrez Cecilia	7	9623	64	29	21	56	39	0	3	24	17	22	60	24	9	42
Beltran Castro Jacqueli	8	9500	60	24	17	50	31	18	0	20	13	19	54	20	6	37
Valenzuela Solis Jose A	9	9345	76	40	29	69	51	36	10	33	7	2	44	35	14	50
Flores Aguilar Manuel	10	9098	67	31	23	59	40	26	5	26	0	24	33	27	9	43
Flores Aguilar Manuel	11	9230	72	36	28	66	47	32	8	30	4	0	40	32	12	48
Montupin Toro Moren	12	8996	79	43	33	74	55	41	13	36	28	33	0	39	16	53
Gastronomica Y Evento	13	10130	54	30	19	38	20	40	26	25	29	25	83	0	16	30
Patricia Quezada y Con	14	9240	73	37	28	66	47	33	9	31	5	28	41	32	0	48
Patricia Quezada y Con	15	14104	21	88	32	7	40	61	38	73	42	36	103	41	25	0

Elaboración Propia.

Esta tabla fue elaborada de tal forma, que, para buscar un valor, inicialmente se tome el primer cliente como lista o sea de arriba hacia abajo y luego el segundo cliente de izquierda a derecha para mejor comprensión de todos, es por esto, que el Coeficiente de Importancia siempre corresponde al cliente que va de izquierda a derecha.

4.6.4 Software para Modelamiento LINGO

Para programar el modelo propuesto se trabajara con el software LINGO, ya que, es el que acepta la cantidad de variables, restricciones y datos de trabajo.

LINGO es una versátil herramienta bastante completa diseñada para construir, resolver y analizar modelos de optimización matemática, es decir, analiza conjunto de datos, variables y funciones, en conjunto con su función objetivo y restricciones.

➤ Carga de Datos

Para la carga de datos de estudio en el *software* LINGO, se tienen dos sistemas, una forma se da cuando se tienen pocos datos de estudio, estos se pueden introducir directamente en el código de fuente, ingresando una matriz, es decir, ingresando manualmente los datos en la sección *DATA*. Otro método utilizado para mayor cantidad de datos, es que LINGO da la opción de exportar los datos desde otras herramientas, como lo son Excel, Access, Word, SQL Server, entre otros.

➤ Ejecución del Programa

Para la ejecución del programa luego de haber ingresadas las secciones, se debe seleccionar el comando *Solve*, que se encuentra en el menú de LINGO. Sucesivo a esta acción, el *software* comenzará a compilar los datos para buscar la solución, si es que dentro de las secciones ingresadas anteriormente se encuentra un error, se mostrará una ventana identificándolo, si es que se encuentra todo correcto mostrará otra ventana, en la cual se visualizará la resolución para el objetivo definido.

La compilación de datos por el *software* es de tiempo variable, esto significa, que puede tardar desde unos segundos o minutos a horas o días, esto dependerá de la cantidad de datos que hayan sido ingresados al sistema para ser manipulados.

5 Capítulo: Análisis de Resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en el capítulo 5, los cuales son validados mediante distintos análisis para comprobar que son las soluciones esperadas para los problemas presentados anteriormente.

5.1 Validación de Resultados

Para llevar a cabo la comparación de resultados obtenidos con el modelo utilizado por la empresa, se realiza una línea base, la cual, consta de un marco de referencia de la situación actual del sistema de distribución que se maneja en la Sucursal de Viña del Mar. De acuerdo a esto, luego de realizar el estudio y análisis en base a distintas variables, se elaboró una nueva estructuración del modelo para crear mayor fluidez y orden en el sistema.

El análisis actual fue en base a las mediciones efectuadas para los meses de Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre del año 2017.

En la Tabla 5.25 se muestran los datos actuales y los de la propuesta, visualizando la disminución en la cantidad de camiones totales de distribución.

Tabla 5.25: Comparación camiones actuales y propuesta.

	Actualidad	Propuesta
Rutas Mixtas	9	7
Rutas Exclusivas	16	16
Total Camiones	25	23

Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra que la disminución de camiones fue principalmente de camiones pertenecientes a las rutas exclusivas, es decir, los camiones que sólo se dedican a las entregas de mercadería a Supermercados.

Escenario Global Sucursal Viña del Mar, Agrosuper.

Durante el desarrollo del trabajo se realizaron análisis y estudios de los datos e información entregada por la Sucursal, en las cuales se visualizaban datos de los vendedores y clientes de la zona de estudio, complementadas con visitas a terreno y conversaciones con vendedores para lograr obtener el objetivo de generar orden, mejorar la calidad de servicio

de entrega de productos, adquiriendo mayor fluidez y rapidez, con menores porcentajes de capacidad ociosa en las cámaras de frío.

Un punto importante para lograr los resultados esperados, fue la reducción de la flota de distribución, es decir, la disminución de los camiones de reparto como se mostró en la Tabla 5.25, de 25 a un total de 23 camiones en la propuesta, provocando que los vendedores aumentaran en cantidades de kilogramos a repartir y variaran sus rutas de reparto.

A continuación para lograr entender los resultados obtenidos se explican en detalle los pasos realizados.

5.1.1 Cantidad de Visitas

Uno de los grandes problemas que presentaba la Sucursal de Viña del Mar, eran las grandes diferencias en las cantidades de visitas o entregas a clientes entre los vendedores, lo que producía que algunos vendedores tuvieran jornadas de trabajo cortas o muy rápidas, mientras otros vendedores presentaban jornadas de trabajo muy largas, además de provocar problemas en las cámaras de frío de los camiones, como sobre cargas o grandes porcentajes de capacidad ociosa, además de bajar los niveles de servicio ya que, los camiones no alcanzan a hacer todas las entregas asignadas en el día.

De acuerdo a las modificaciones realizadas, el resultado obtenido de las visitas, tomando en cuenta los 23 vendedores y las zonas de reparto de la propuesta, se muestra en la Tabla 5.26.

Tabla 5.26: Promedio de Visitas por Día Propuesta.

Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Total de entregas	10418	12914	12758	13620	12298	11372
Promedio entrega	471	525	510	524	510	425
Promedio Vendedor	20	23	22	23	22	18

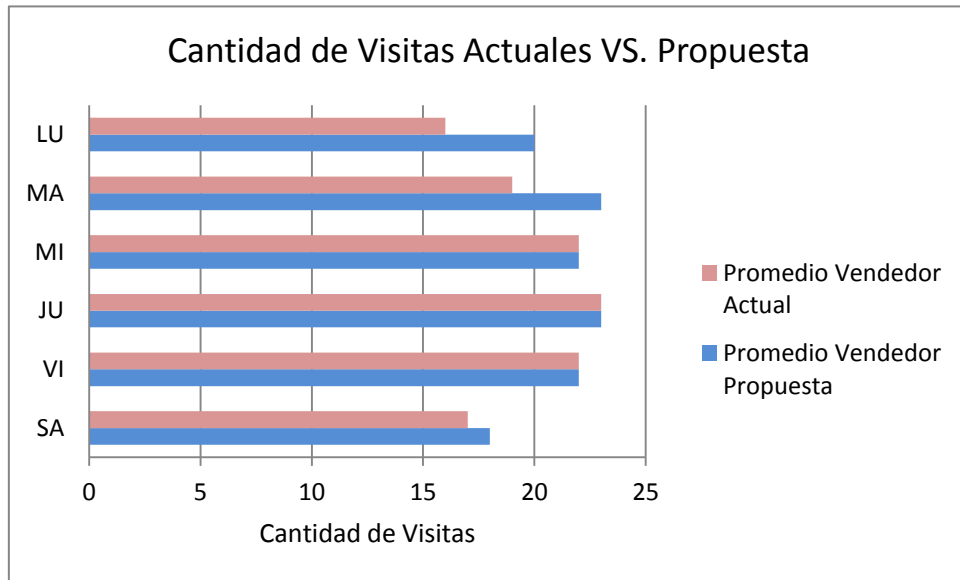
Elaboración Propia.

Estos datos fueron calculados en base a las visitas de los clientes pertenecientes a los 23 camiones de reparto, utilizando la demanda original especificada en los capítulos anteriores. En el Anexo 5 se visualiza en detalle los datos con los que se trabajó para obtener los resultados de la tabla previa. En la Tabla 5.26, se aprecia que se logró un equilibrio de visitas durante la semana, no siendo sólo los días Miércoles, Jueves y Viernes los que presentan mayor cantidad de entregas, por ende, esto llevó a que se originará una

estabilidad de ventas durante toda la semana. Sumado a esto se visualiza un aumento del promedio de entregas por vendedor los días Lunes, Martes y Sábado.

Para una mejor comprensión de estos cambios y escenario que se obtuvo, se elaboró una comparación entre los datos de la situación actual y los datos de la propuesta, los cuales se muestran en la Ilustración 5.50.

Ilustración 5.50: Comparación Visitas por Vendedor Actual VS Propuesta.



Elaboración Propia.

De acuerdo a las variaciones que se obtuvieron como resultado, se logró un incremento de un 25% de visitas el día Lunes, un 21% el día Martes y un 6% del día Sábado. Es decir, en promedio se aumentó un 17% el número de visitas diarias realizadas por los vendedores para los días Lunes, Martes y Sábado.

5.1.2 Capacidad Ociosa

Inicialmente la capacidad ociosa que mantienen los camiones de distribución está relacionada al desorden de las zonas de reparto que provocan desequilibrio en la cantidad de entregas o visitas que se realizan durante la semana. Es por esto, que al aumentar el porcentaje de visitas se busca disminuir la capacidad ociosa que mantienen las cámaras de frío de los camiones de reparto, incrementando la capacidad utilizada en cantidad de Kilogramos.

Para obtener los resultados de capacidad ociosa, se procedió a realizar el mismo método especificado en el Capítulo 2, el cual fue necesario calcular ciertos parámetros, los que se detallarán a continuación:

- Kilos Totales: Se refiere a la suma total de todos los kilogramos transportados por los vendedores durante los meses de estudio.
- Promedio KG por día: Corresponde al promedio de los kilogramos por día distribuidos por los vendedores semanalmente.
- Kilos Máximos: Es el valor de Kilogramos totales que puede repartir semanalmente la flota de distribución. Este valor se obtiene de la multiplicación de la capacidad de la cámara de frío por los 23 camiones de reparto pertenecientes a la flota de distribución propuesta.
- Capacidad Utilizada: Este valor es el porcentaje utilizado con mercadería en las cámaras de frío. El cálculo de este valor fue la división entre el Promedio KG por día con los Kilos Máximos.
- Capacidad Ociosa: Corresponde al porcentaje no utilizado en las cámaras de frío de los camiones de distribución. Para obtener este valor, se resta el 100% de la capacidad de la cámara con la Capacidad Utilizada.

Finalmente en la Tabla 5.27, se muestra la Capacidad Ociosa de la propuesta, utilizando en modelo planteado anteriormente con una flota propuesta de 23 camiones de distribución.

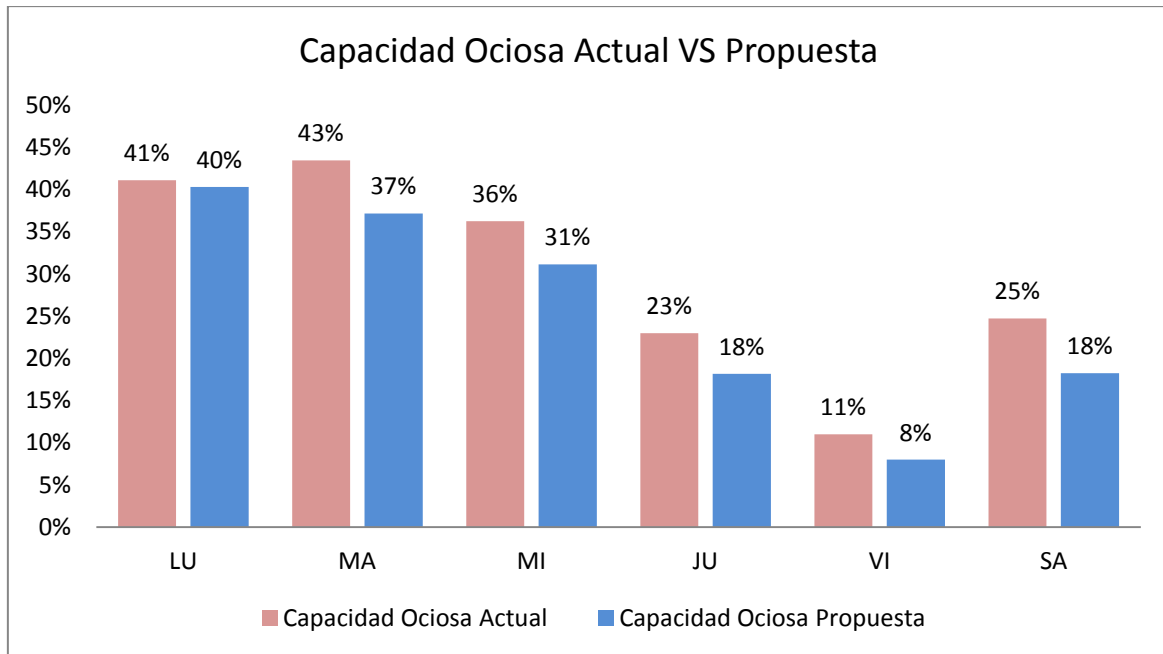
Tabla 5.27: Capacidad Ociosa por Día Propuesta.

Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Kilos Totales	1.446.964	1.733.896	1.979.739	2.447.009	2.539.492	2.444.200
Promedio KG por día	68.643	72.246	79.190	94.116	105.812	94.008
Kilos Máximos	115.000	115.000	115.000	115.000	115.000	115.000
Capacidad Utilizada	60%	63%	69%	82%	92%	82%
Capacidad Ociosa	40%	37%	31%	18%	8%	18%

Elaboración Propia.

La Tabla 5.27, se elaboró en base a los datos mostrados en el Anexo 6, en el cual se muestra en detalle los kilogramos por día en los meses de estudio.

Para comprender de mejor forma los cambios obtenidos en el porcentaje de capacidad ociosa de los camiones, se realizó la Ilustración 5.51 en el cual se observan los datos actuales y los de la propuesta.

Ilustración 5.51: Comparación Capacidad Ociosa Actual VS Propuesta.

Elaboración Propia.

Del gráfico se puede inferir, que todos los porcentajes de capacidad ociosa tuvieron un grado de disminución, siendo los días Martes, Miércoles, Jueves y Sábado los que presentan mayor variación del valor, siendo la diferencia entre actual y propuesta de 6%, 5%, 5% y 7% respectivamente. Un punto importante es mencionar que al observar la Tabla 6.27, se logró que 2 días de la semana subieran al rango de capacidad efectiva que se buscaba, es decir, su capacidad efectiva supera el 80%, siendo el día Jueves y Sábado de 82%.

Una de las razones por las cuales se logra una disminución en la capacidad ociosa de los camiones es la reducción de la flota de distribución, de esta forma las cámaras de frío serán cargadas con más cantidad de mercadería, logrando obtener una utilización más eficiente.

5.1.3 Costos de Distribución

Con la modificación de las Zonas de Reparto y la nueva estructuración de atención de los clientes, se busca llegar a tener mayor eficiencia y eficacia al momento de distribuir la mercadería, llevando a generar menores costos de distribución en contraste con la situación actual que vive la Sucursal de Viña del Mar.

5.1.3.1 Reducción Costos Rutas

- Comprobación y Validación del Modelo Matemático.

Previo al desarrollo de la ruta en el *software* LINGO se debe confirmar que el código ingresado en la aplicación trabaja correctamente como modelo de ruteo de una flota homogénea, es por esto que se realizan pruebas de comprobación del código, verificando que la Función Objetivo, variables y restricciones ingresadas se apliquen a los datos de manera adecuada plasmándose en la solución deseada. Con esto se busca que el modelo logre crear rutas minimizando distancias y costos de distribución.

Estas pruebas iniciales fueron realizadas tomando en cuenta un extracto de la lista de clientes que fue tomada para la Ruta final, luego de realizar estas pruebas se llegó a la conclusión que lo manifestado en el código se encuentra trabajando correctamente. Además esto ayudó a mejorar la interpretación de los reportes entregados, mostrando la solución conseguida por el *software*, siendo más corta y sencilla, logrando entender de mejor forma la descripción de los datos y valores obtenidos.

Por otro lado, esta verificación también ayudó a saber si la función *@OLE* ingresada en el código fuente realizó de buena forma su trabajo, es decir, se exportaron e interpretaron de forma correcta los datos desde la planilla realizada en Excel. Para una buena exportación de datos es necesario formar un rango en la planilla Excel, como se muestra en la Ilustración 5.52, el cual debe coincidir estrictamente con lo expresado en el código de LINGO.

Ilustración 5.52: Matriz de Distancias con Rango.

Elaboración Propia.

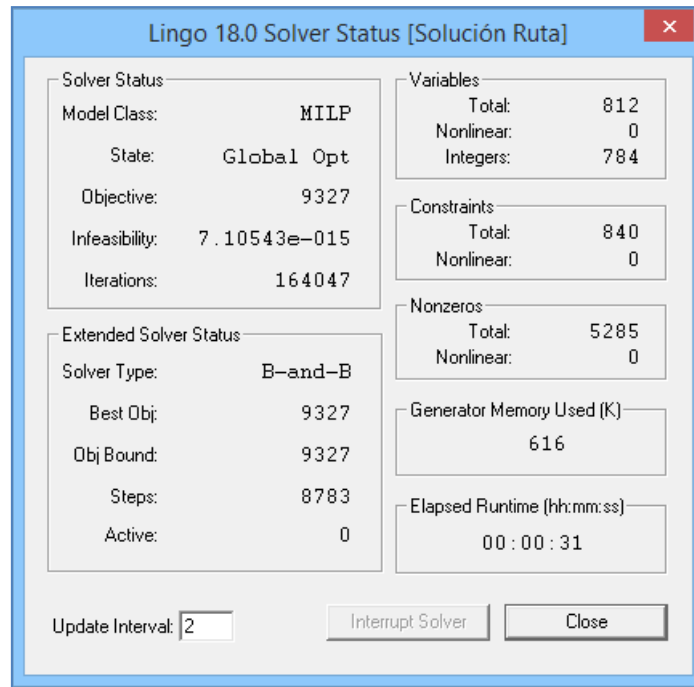
Posterior a la comprobación explicada anteriormente se procede a realizar la carga y exportación de los 27 clientes y la Sucursal de Viña del Mar, para la obtención de la Ruta.

De acuerdo a la Ruta obtenida, para conseguir el costo de la ruta, se trabaja con una fórmula, la cual es la multiplicación de los kilómetros de la ruta por \$200, que consiste en el valor que la empresa tiene asignada por cada kilómetro recorrido por un camión de distribución, por lo tanto:

$$\text{Costo Ruta} = \text{Distancia a Recorrer} * 200$$

- Ejecución de Modelo Matemático

Luego de verificar que el código funciona correctamente, se realiza la compilación de datos por el *software*, arrojando la Solución deseada. Inicialmente se muestra un reporte en una ventana, como se presenta en la Ilustración 5.53, en el cual se visualiza la cantidad de iteraciones que realizó, el resultado de la función objetivo, la cantidad de variables, restricciones, valores constantes y el tiempo que demoró la ejecución del modelo.

Ilustración 5.53: Reporte de Solución de Ruta.**Elaboración Propia en Software LINGO.**

Como se muestra en la Ilustración 5.53, se realizaron 164.047 iteraciones para llegar a una función objetivo de 9.327 kilómetros a trasladarse en el día de reparto y tardando 31 segundos de ejecución del *software*.

Es importante mencionar que el valor obtenido a recorrer no es el real, si no que es un valor menor, ya que las distancias fueron divididos por el coeficiente de importancia de cada cliente, como se explicó en el capítulo anterior y el valor real se da a conocer más adelante.

Además de la ventana mostrada, se genera un informe, llamado "*Solution Report*", en el cual se plasma el orden de la ruta, como se muestra en la Ilustración 5.54.

Ilustración 5.54: Informe “Solution Report”.

Total variables:	812
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	784
Total constraints:	840
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	5285
Nonlinear nonzeros:	0

Variable	Value	Reduced Cost
X(1, 26)	1.000000	173.0000
X(2, 21)	1.000000	15.00000
X(3, 9)	1.000000	0.000000
X(4, 27)	1.000000	5.000000
X(5, 2)	1.000000	25.00000
X(6, 13)	1.000000	8.000000
X(7, 14)	1.000000	9.000000
X(8, 7)	1.000000	18.00000
X(9, 11)	1.000000	2.000000
X(10, 28)	1.000000	1.000000
X(11, 10)	1.000000	4.000000
X(12, 23)	1.000000	7.000000
X(13, 15)	1.000000	30.00000
X(14, 19)	1.000000	12.00000
X(15, 5)	1.000000	7.000000
X(16, 6)	1.000000	0.000000
X(17, 22)	1.000000	2.000000
X(18, 12)	1.000000	4.000000
X(19, 17)	1.000000	12.00000
X(20, 4)	1.000000	0.000000
X(21, 20)	1.000000	22.00000
X(22, 24)	1.000000	1.000000
X(23, 1)	1.000000	8920.000
X(24, 18)	1.000000	34.00000
X(25, 8)	1.000000	1.000000
X(26, 16)	1.000000	12.00000
X(27, 3)	1.000000	0.000000
X(28, 25)	1.000000	3.000000

Elaboración Propia en Software LINGO.

En la Ilustración 5.54 se muestra la secuencia que debe seguir el vendedor, es decir, en la sección “Variable” se visualiza X (1, 26), que significa que desde el nodo inicial, que es el cliente 1, el vendedor se debe dirigir al cliente 26, luego al cliente 16 y así sucesivamente. La solución de ruta que dio el *software* LINGO se puede explicar mejor en la Tabla 5.28, donde se expone el orden de los clientes a seguir por el camión de distribución, la distancia a recorrer que calculó el *software* y la distancia real a trasladarse.

Tabla 5.28: Solución del Modelo en LINGO.

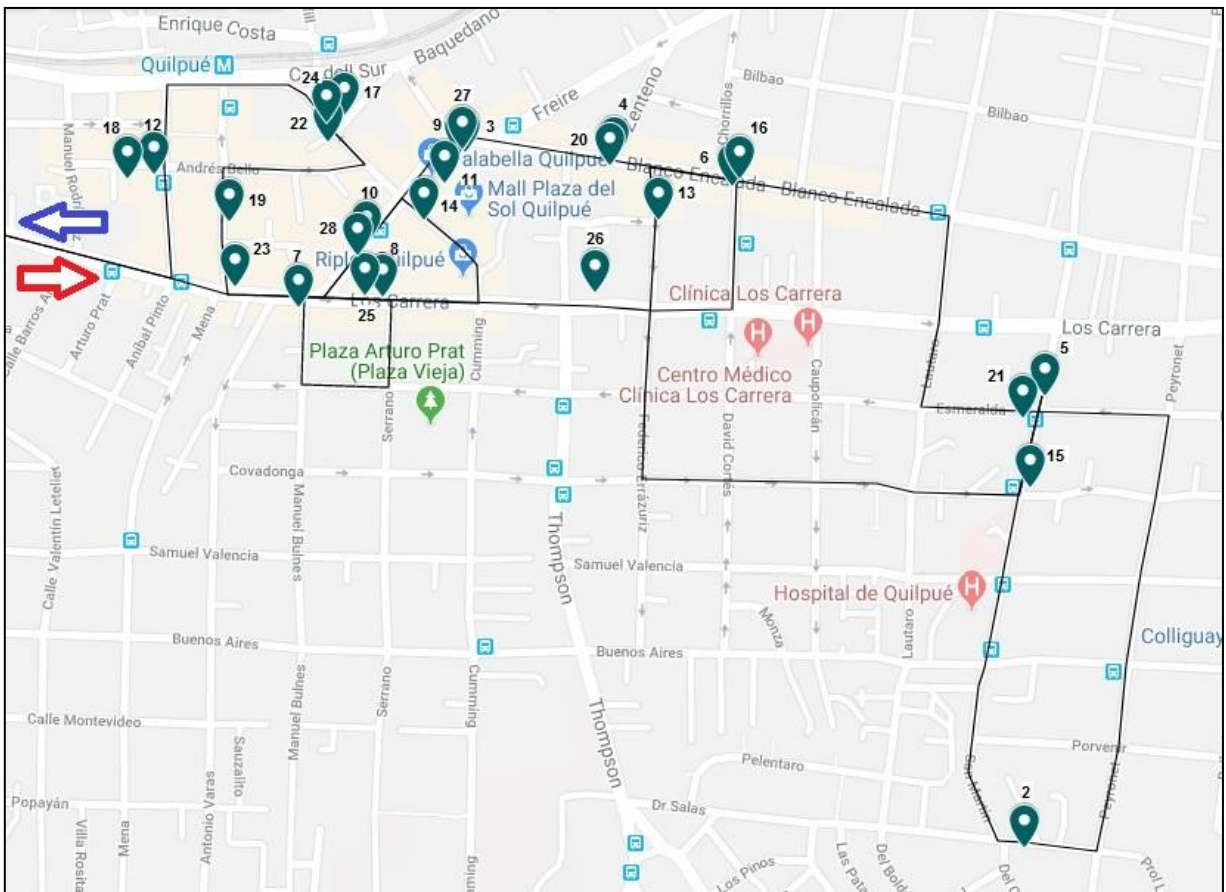
	Valor LINGO	Valor Real
Distancia a recorrer (Mt)	9.327	24.672
Ruta de Reparto	1 - 26 - 16 - 6 - 13 - 15 - 5 - 2 - 21 - 20 - 4 - 27 - 3 - 9 - 11 - 10 - 28 - 25 - 8 - 7 - 14 - 19 - 17 - 22 - 24 - 18 - 12 - 23 - 1	

Elaboración Propia en base a lo entregado por LINGO.

De acuerdo a la Ruta entregada por Lingo, se debe entender que el nodo 1 representa la Sucursal de Viña del Mar, y como se nombró en las restricciones del problema, la Sucursal es el inicio y fin de la ruta.

Esta ruta generada se puede georreferenciar para ver detalladamente el orden de los clientes en la zona de reparto, utilizando *Google Maps*, el cual nos proporciona la ruta tomando en cuenta las direcciones de las calles, luego se plasmó en *My Maps*, como se muestra en la Ilustración 5.55.

Ilustración 5.55: Ruta de Reparto Propuesta.



Elaboración Propia en My Maps.

En el mapa se visualizan los clientes y dos flechas que simbolizan la dirección en la que queda la Sucursal. Esta última, no se muestra en la Ilustración 5.55 por la lejanía que mantiene de los clientes, es por esto que la flecha roja indica la dirección desde donde se inicia la Ruta y la flecha azul significa la dirección de término de Ruta.

Se debe considerar que la ruta inicia con los clientes más importantes y prosiguen los clientes con menor coeficiente de importancia, es por esta razón que se visualiza que la ruta no posee una forma consecutiva de los clientes y orden claro de una única dirección.

Para poder realizar una comparación de la Ruta propuesta con la situación actual que vive el vendedor, se le pidió que indicara la ruta más repetitiva que realiza los días Miércoles, como se ve en la Tabla 5.29.

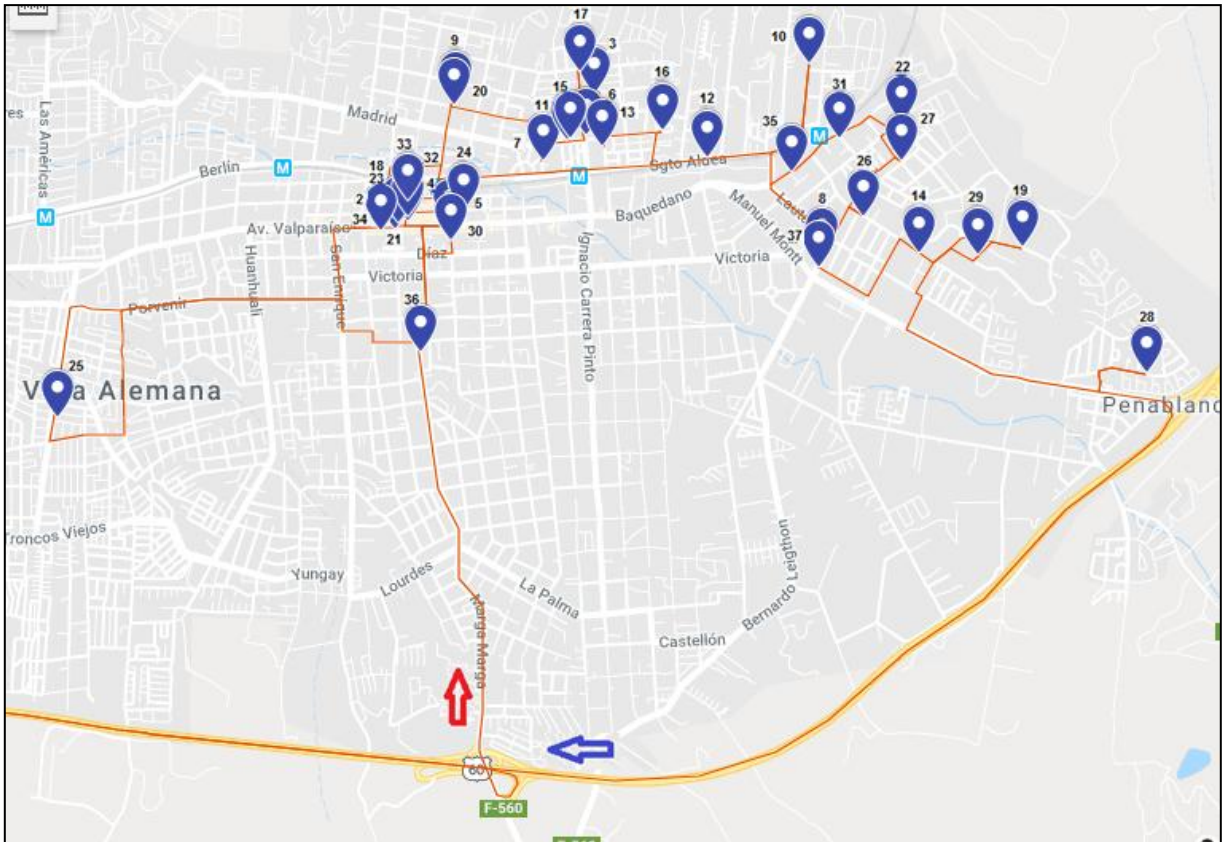
Tabla 5.29: Ruta Actual Día Miércoles Vendedor 7.

	Situación Actual
Distancia a recorrer (Mt)	60.944
Ruta de Reparto	1 - 30 - 5 - 23 - 2 - 21 - 34 - 25 - 36 - 4 - 32 - 18 - 33 - 24 - 9 - 20 - 7 - 11 - 15 - 6 - 17 - 3 - 13 - 16 - 12 - 10 - 35 - 31 - 22 - 27 - 26 - 8 - 37 - 14 - 29 - 19 - 28 - 1

Elaboración Propia.

En la Tabla 5.29 se enseña que actualmente el vendedor se traslada una gran cantidad de metros más a diferencia de la ruta propuesta y se ve el orden de los clientes actuales, los cuales posteriormente se plasmaron en *My Maps*, de la misma forma que se hizo con la propuesta, como se muestra en la Ilustración 5.56.

Ilustración 5.56: Ruta de Reparto Actual.



Elaboración Propia en My Maps.

Se debe tener presente que la Ruta actual que mantiene el vendedor no tiene concordancia de zona geográfica con la propuesta, ya que actualmente hace repartos en Villa Alemana y durante la realización de la propuesta le fueron asignados nuevos clientes en la zona de Quilpué, como se vio en el Capítulo 4, durante la realización de las nuevas Macro Zonas. Al igual, que en la Ilustración 5.55, las fechas de color rojo y azul representan la dirección de inicio y finalización de la Ruta y señalan el lugar hacia donde se encuentra la Sucursal.

Al realizar la comparación, se puede observar que en la ruta actual los clientes se encuentran más alejados entre ellos, provocando un desorden no teniendo una ruta clara, además el vendedor mencionó que no mantiene una ruta única, es por esto que dependiendo de los clientes a atender en el día se crea una ruta nueva para cada día Miércoles, dado esto, actualmente no posee una ruta establecida que se mantenga en el tiempo. Es por esta razón que la distancia mostrada en la Tabla 5.29 es un promedio de metros que recorre, es decir, un día Miércoles puede trasladarse un valor más alto y otro día puede moverse un número menor de metros.

De acuerdo a los datos mostrados anteriormente, actualmente el vendedor se traslada 60.944 metros para realizar todas las visitas asignadas, gracias al modelo se disminuye a 24.672 metros, logrando reducir más de 36 Kilómetros la distancia a recorrer por el vendedor para entregar todos los pedidos el día Miércoles.

De esto se puede deducir que el modelo se adapta de buena manera a los problemas en estudio, ya que, logra disminuir las distancias a recorrer por los camiones de distribución, asigna los clientes prioritarios al inicio de la Ruta diaria, el tiempo de iteración del software es razonable de acuerdo a la cantidad de datos en estudio los que fueron cargados exitosamente mediante los comandos ingresados.

- Análisis de Resultados

Posterior al análisis de comprobación y validación del modelo, se deben estudiar los costos de cada situación (actual y propuesta), para determinar si de acuerdo al modelo planteado junto con las rutas propuestas se logra una disminución en los costos y permiten ahorros para la empresa. Para esto se realiza una comparación estableciendo una situación base para los casos, elaborando un marco de referencia de los costos actuales del sistema ocupado para la distribución de los productos en la Sucursal.

Como se mencionó anteriormente, la empresa tiene asignado un monto de \$200 por cada Kilometro que recorre el camión de distribución, dado esto es de gran importancia tener en promedio la distancia que se traslada el Vendedor.

- Situación Actual

Para calcular el costo de la ruta diaria se tomó en cuenta que el vendedor en promedio el día Miércoles se traslada 60.944 mt, equivalente a 60,9 km. De acuerdo a estos datos se obtiene:

$$\text{Costo Ruta} = \text{Distancia a Recorrer} * 200 = 60,944 * 200 = 12.188,8 \cong \$12.189$$

- Propuesta

Para el cálculo del costo de la ruta diaria para la propuesta se consideró que el vendedor tendría que recorrer 24.672 mt, los que son 24,6 km. Dado estos datos se obtuvo:

$$\text{Costo Ruta} = \text{Distancia a Recorrer} * 200 = 24,672 * 200 = 4.934,4 \cong \$4.934$$

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede deducir que se disminuyó en un 60% el costo de la ruta diaria, esto quiere decir, que se redujo en \$7.255.

Al analizar los datos, se logra observar que hay diferencias y disminuciones en distancias a recorrer y en costos diarios por ruta, es por esto, que al replicar este modelo a todos los vendedores se podrá ahorrar una gran cantidad de dinero referente a los costos asociados a las rutas de distribución.

Por otro lado, al tener una ruta más ordenada y mejor diseñada, tomando en consideración varios aspectos, permite incorporar con mayor facilidad clientes nuevos, asignar más rápidamente los clientes a los vendedores, otorgar con mayor agilidad, de acuerdo a la georreferenciación, los días de entrega a los clientes nuevos, entre otros, logrando mejorar los niveles de servicio y calidad de entrega.

6 Capítulo: Conclusiones y Recomendaciones

En base a la información y datos obtenidos durante el análisis de antecedentes entregados por la empresa y la propuesta entregada para la solución de los problemas presentes en la Sucursal, se lograron establecer variadas conclusiones.

Un punto importante es que mediante la información y datos entregados por la Sucursal de Viña del Mar, se logró establecer un escenario inicial o actual en la cual se encuentra el sistema de distribución de la empresa, esta información fue de gran ayuda para identificar de forma clara las cantidades de visitas que realiza cada vendedor, además de la cantidad de kilogramos que transporta cada uno de ellos hacia las distintas Zonas de Reparto, el número de clientes que mantienen los vendedores y los costos asociados al proceso.

Durante la recolección de información y material teórico de modelos de Ruteo que se podrían aplicar a los problemas vistos se encontraron varios trabajos existentes en literatura que fueron de fácil acceso, como artículos y memorias que trataban del método cluster, teoría de grafos y modelos de ruteo para flotas homogéneas, siempre buscando lograr una reducción en términos de distancias a recorrer y costos que se tomen en consideración por la empresa. En este trabajo se lograron obtener mejoras de acuerdo a los resultados obtenidos, disminuyendo kilómetros a recorrer, equilibrio en kilogramos de carga, logrando reducir la capacidad ociosa de la flota de distribución, entre otros.

Este trabajo de título se centró específicamente en el estudio de la distribución y entrega de los productos de la empresa, desde el punto de inicio y fin de la ruta, situado en la Sucursal de Viña del Mar y los clientes dentro de la zona de estudio definida anteriormente. Los factores clave que se nombraron mediante la literatura encontrada fueron la Sucursal, los Clientes, las Zonas de Reparto y la Flota de Distribución, los cuales fueron analizados en detalle permitiendo encontrar variables específicas para la creación del modelo propuesto.

Dentro del proceso de distribución se tenían varios desordenes y problemas de planificación, como no tener límites definidos de las zonas de reparto, no tener claridad a la hora de asignar los clientes a los vendedores, entre otros factores que llevaron a que los vendedores trabajaran con rutas no elaboradas correctamente, provocando tener que trasladarse grandes distancias, tener gran número de clientes cada día a atender pero con reducida mercadería, teniendo una gran capacidad ociosa en la cámara de frío del camión distribuidor, es por estas razones que se dan casos en que los vendedores siguen una ruta de acuerdo a su experiencia personal y comodidad, no por un modelo que determine trayectorias tomando en consideración distintas variables como demanda, capacidad del camión, etc.

Para obtener los resultados que se buscaban para los problemas que se presentaron, se inició buscando información sobre problemas de ruteo, luego de esto se determinó que tipo de modelo de ruteo se adaptaba de mejor forma al sistema que se tenía inicialmente para la distribución, de acuerdo a esto, se definió que se utilizaría el método cluster para la reorganización de las Zonas de Reparto, en conjunto con el modelo de ruteo para flota homogénea y el *Software* LINGO para la formación de las Rutas de Distribución.

Dentro de la reorganización de las Zonas de Reparto se logró reducir la flota de distribución pasando de 25 a 23 camiones, dado esto los clientes reasignados de los 2 camiones que salieron de la flota, produjeron que los demás vehículos disminuyeran la capacidad ociosa de la cámara de frío, además por consecuencia se modificaron las Macro Zonas para crear un equilibrio de las variables en estudio. Esta modificación logró reducir la capacidad ociosa de la flota de distribución, acompañado de un equilibrio en cantidad de clientes a visitar y kilogramos a repartir.

Luego del proceso de formación de las Macro Zonas, se pasa a la elaboración de las Micro Zonas, en la cual el propósito principal es asignar la zona geográfica en donde se moverá el vendedor por cada día y los clientes que tendrá que atender, proporcionando una mejor estructuración en los días de reparto. La realización de esta etapa se llevo a cabo de la misma forma en que se procedió con las Macro Zonas, es decir, se utilizó el método de cluster, fraccionando la zona de reparto (Macro Zona) en zonas más pequeñas (Micro Zonas) considerando variables como cantidad de kilogramos, cantidad de clientes y distancia entre ellos. Una vez formadas las Micro Zonas y haber realizado la selección de clientes por día, se aplica el modelo de ruteo para la formación de la Ruta de Reparto, creando el modelo e ingresándolo en el *Software* LINGO para establecer un orden lógico de los clientes, tomando en consideración su Coeficiente de Importancia y distancias.

De acuerdo a los resultados entregados posteriormente a la realización del proceso especificado y con ayuda de LINGO, el modelo de solución obtenido entrega resultados positivos, reduciendo un 60% el total de distancia a recorrer en la Ruta de Distribución y por ende una disminución en los costos asociados al proceso.

Los resultados en el presente Trabajo de Título son los esperados, ya que en general todas las variables tomadas en consideración y estudiadas lograron mejorar de acuerdo a su condición, es decir, las que se buscaba que subieran sus índices lograron un incremento en sus números y los que tenían que disminuir se lograron minimizar. Es por esta razón, que se presenta una situación en donde se toma en consideración la modificación de todos los vendedores y donde se estiman los valores que se podrían obtener si se les aplicará el modelo que se expone, dado esto se consigue una disminución del 5% en la capacidad ociosa

de la cámara de frío de la flota de distribución y un incremento en promedio de 3 visitas por día de entrega de los vendedores.

Además, se sugiere que el modelo de solución planteado pueda ser llevado a cabo con mayor detalle para los demás vendedores de la Sucursal, para con esto mejorar los índices de estudio, ya que, al mejorar el orden de las Zonas de Reparto y crear Rutas de Distribución tomando en cuenta variables importantes para la empresa da en consecuencia mayor efectividad y eficacia al momento de emplear acciones en el Área de Operaciones y Logística de la Empresa, igualmente logra tener ahorros significativos en los costos asociados al sistema de distribución.

Por otro lado, se recomienda a la empresa aplicar el modelo de forma progresiva al sistema que se maneja actualmente, como en sectores interiores en los cuales se tienen menor cantidad de clientes y se puede tener un mayor control, además de observar el comportamiento que se genere al realizar los cambios en el proceso de distribución.

7 Capítulo: Bibliografía

- [Ackoff&Sasieni68] Ackoff, R. L. y Sasieni M. W. (1968). Fundamentals of Operations Research, John Wiley & Sons.
- [Bustos&Jiménez14] Bustos A. y Jiménez E. (2014). Modelos para un mejor ruteo vehicular.
- [Canizo&Lucero02] Canizo E. y Lucero P. (2002). Software para Programación Lineal LINGO/LINDO.
- [Daza&Narducci09] Daza, Montoya y Narducci (2009). Resolución del Problema de Enrutamiento de Vehículos con Limitaciones de Capacidad utilizando un Procedimiento Metaheurístico de dos fases, Revista EIA, ISSN.
- [Duque81] Duque Muñoz, R. (1981). Rutas de recolección. In Curso Intensivo sobre Manejo Integral de los Residuos Sólidos (pp. 1-26). Universidad Nacional de Colombia.
- [Elver09] Elver A. Bermeo Muñoz (2009). Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte.
- [Godsil&Royle01] Godsil, Chris and Royle, Gordon (2001). Algebraic Graph Theory. New York: Springer.
- [Ivorra] Ivorra C.. Optimización con LINGO.
- [Laporte&Gendreau00] Laporte, G., Gendreau, M., Potvin, J. and Semet, F. (2000). Classical and Modern Heuristics for the vehicle routing problem, International Transaction in Operational Research.
- [Longenecker09] Longenecker, Justin C.; Moore, Carlos y Palich, Leslie E. (2009). Administración de pequeñas empresas.
- [López17] López, José María (2017). Tus propios mapas personalizados con Google My Maps.
- [López-Pinto10] López-Pinto, Bernardo, et al. (2010). Los pilares del marketing, Universidad Politécnica de Catalunya.
- [Martínez18] Martínez Villarreal, F. B. (2018). Propuesta de rediseño de macro y micro rutas del sistema de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Tulcán (Bachelor's thesis, Quito, 2018.).
- [Miquel&Parra08] Miquel Peris, Salvador y Parra, Francisca.(2008). Distribución comercial.
- [Parreño&Ruiz13] Parreño Selva, Josefa y Ruiz Conde, Enar. (2013). Dirección de Marketing: Variables comerciales, Editorial Club Universitario.
- [Pearson04] Pearson (2004). Investigación de Operaciones, TAHA, Hamdy.
- [Prida96] Prida Moreno Bernardo (1996). Logística de aprovisionamiento, Ed. Mc. Graw Hill.
- [Racero&Pérez06] Racero, J., & Pérez, A. (2006). Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios. In Ecoeficiencia (Optimization of municipal waste collection routes). X Congreso de Ingeniería de Organización (pp. 7-8).

- [Rivera&Garcillán12] Rivera Camino, Jaime y Garcillán López Rúa, Mercía. (2012). Dirección de Marketing. Fundamentos y aplicaciones, ESIC Editorial.
- [Rodriguez&Velasco18] Rodriguez Esquivia, J. A., & Velasco Lizarazo, K. L. (2018). Propuesta del ruteo para la recolección de residuos sólidos en el municipio de la Mesa, Cundinamarca.
- [SainzdeVicuña01] Sainz de Vicuña Ancín, José María. (2001) La Distribución comercial; Opciones estratégicas, ESIC Editorial.
- [Saucedo01] Saucedo López, R. (2001). Cadena de suministro (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

8 Capítulo: Anexo

Anexo 1: Sucursales con Venta anual 2018 y porcentaje de Participación.

Oficina de ventas	Sucursal	Venta durante Año 2018 (KG)	%Participación(KG)
Sucursales	Huechuraba	26.102.876	5,89%
	Lo Espejo	24.429.499	5,51%
	Quilin	22.795.888	5,14%
	Concepcion	19.205.872	4,33%
	Temuco	18.857.262	4,25%
	Rancagua	17.348.773	3,91%
	Viña del Mar	15.616.271	3,52%
	Chillan	15.051.108	3,39%
	Lo Boza	13.201.204	2,98%
	Talca	11.662.472	2,63%
	Los Angeles	11.428.393	2,58%
	Puerto Montt	11.058.857	2,49%
	Hijuelas	10.601.707	2,39%
	La Serena	9.011.412	2,03%
	Curico	8.101.561	1,83%
	Osorno	8.010.760	1,81%
	Antofagasta	6.728.314	1,52%
	San Antonio	6.316.286	1,42%
	Iquique	5.944.577	1,34%
	San Felipe	5.742.276	1,29%
	Valdivia	5.590.070	1,26%
	Copiapo	5.120.868	1,15%
	Castro	4.651.361	1,05%
	Punta Arenas	4.556.071	1,03%
	Calama	4.312.483	0,97%
	Ovalle	3.600.603	0,81%
	Arica	3.418.161	0,77%
	Coyhaique	2.924.202	0,66%
	Vallenar	1.691.433	0,38%
	Sucursal Dieciocho	171	0,00%
Venta Centralizada	VD Industrial	100.189.472	22,59%
	VD Supermercado	24.631.394	5,55%
	VD Grandes Clientes	8.993.254	2,03%
	VD FoodService	6.003.438	1,35%

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

Anexo 2: Empresas Transportistas con respectivos Camiones.

Empresa Transportista	Codigo Vendedor	Vendedor	Patente Camión
Soc Comercial Sunpack Ltda	V2426	Bernal Joan	HXRK79
Soc Comercial Sunpack Ltda	V2516	Vargas Eduardo	VR3220
Soc Comercial Sunpack Ltda	V2556	Rios Oscar	GSPF82
Soc Comercial Sunpack Ltda	V1558	Rost Higalan	HXRK80
Salvador Antonio Orellana Chacon EIRL	V2596	Orellana Salvador	HKGY23
Transp Raul Alejandro Castillo Silva	V1227	Arancibia Jose	XT7412
Transp Azocar Rubilar Ltda	V0589	Azocar Jose	KBFP21
Soc Comercial Sunpack Ltda	V2423	Perez Patricio	GSPF84
Transp Juan Jose Cano Rodriguez	V2422	Perez Luis	WD8655
Transp Antonio Venegas Rojo	V0098	Venegas Antonio	RW7782
Transp Cristian Rubilar Ahumada	V0095	Rubilar Cristian	XL8470
Transportes Mieres Ltda	V0086	Gonzalez Alejandra	XT7646
Transp Pablo Cesar Fuentes Castro	V0937	Fuentes Pablo	JXZJ66
Transp Eduardo Zelaya Cisternas	V0111	Zelaya Eduardo	CCVZ42
Transp Ramon Duarte Sanchez	V0084	Duarte Ramon	BRBG65
Transp Berman Muñoz Gallardo	V2016	Muñoz Berman	FFLL88
Transp Miguel Angel Vergara Ceballos	V0103	Vergara Miguel	JVKY87
Transp Isaac Pablo Fuentes Silva	V2428	Vilchez Ricardo	KBLZ89
Transp Carlos Diaz	V2579	Diaz Carlos	HHPR35
Transp Eric Fernando Duarte	V0588	Duarte Eric	HCXR61
Transp Raul Alejandro Castillo Silva	V2017	Castillo Raul	JSJV37
Transp Berman Muñoz Gallardo	V1309	Araya Victor	CVVC90
Transp Juan Carlos Villanueva	V0104	Villanueva Juan	DCXY50
Transp Christian Leonardo Pizarro	V0946	Pizarro Christian	DFTX22
Odin Transportes Limitada	V2621	Meneses Mario	JZGY66
Odin Transportes Limitada	V2622	Valenzuela Victor	JZGY67

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

Anexo 3: Cantidad de Visitas Mensuales por Vendedor.

Vendedor	7	8	9	10	11	12	Entregas Totales	Promedio Entregas
Vendedor 1	92	94	92	87	92	94	551	92
Vendedor 2	822	782	689	721	780	787	4.581	764
Vendedor 3	702	764	649	673	691	653	4.132	689
Vendedor 4	104	112	98	108	110	100	632	105
Vendedor 5	289	272	276	293	288	283	1.701	284
Vendedor 6	544	552	494	576	602	548	3.316	553
Vendedor 7	676	696	627	648	635	647	3.929	655
Vendedor 8	874	867	746	656	782	767	4.692	782
Vendedor 9	653	680	606	627	670	635	3.871	645
Vendedor 10	80	79	71	73	75	76	454	76
Vendedor 11	97	98	78	77	81	82	513	86
Vendedor 12	848	855	824	776	825	794	4.922	820
Vendedor 13	857	867	754	767	843	793	4.881	814
Vendedor 14	782	794	662	723	742	728	4.431	739
Vendedor 15	66	66	63	60	63	61	379	63
Vendedor 16	889	918	855	874	902	886	5.324	887
Vendedor 17	124	149	114	116	119	130	752	125
Vendedor 18	507	566	517	501	514	511	3.116	519
Vendedor 19	104	97	88	81	86	82	538	90
Vendedor 20	179	212	176	176	196	162	1.101	184
Vendedor 21	819	841	754	773	822	798	4.807	801
Vendedor 22	766	825	747	735	745	762	4.580	763
Vendedor 23	91	94	84	85	89	88	531	89
Vendedor 24	748	748	636	685	733	655	4.205	701
Vendedor 25	915	962	908	877	930	949	5.541	924
Total Entregas	12.628	12.990	11.608	11.768	12.415	12.071	73.480	12.247

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

Anexo 4: Cantidad de Visitas por Día.

Mes	Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
7	27	357	445	570	568	561	429
7	28	381	459	576	590	542	411
7	29	380	448	583	565	533	422
7	30	359	474	572	579	560	416
8	31	403	469	559	562	557	446
8	32	388	468	583	584	558	427
8	33	418	Feriado	445	556	557	433
8	34	392	455	586	589	535	413
8	35	412	436	586	571	564	413
9	36	390	475	582	576	590	423
9	37	402	504	598	614	571	440
9	38	Feriado	Feriado	320	449	475	377
9	39	357	438	531	575	554	387
10	40	407	467	550	613	570	417
10	41	Feriado	366	472	573	587	441
10	42	383	449	559	582	526	398
10	43	383	459	600	642	Feriado	362
10	44	407	538	Feriado	520	532	449
11	45	406	480	576	577	514	414
11	46	388	513	558	605	560	409
11	47	375	508	592	564	535	398
11	48	375	453	536	578	525	440
12	49	395	491	596	596	Feriado	402
12	50	351	454	571	610	588	423
12	51	422	507	623	630	547	425
12	52	Feriado	382	501	618	543	431

Elaboración Propia en base a datos entregados por Sucursal.

Anexo 5: Cantidad de Visitas por Día Propuesta

Mes	Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
7	27	458	493	508	506	499	418
7	28	444	524	523	524	500	398
7	29	450	516	528	494	492	411
7	30	450	523	519	521	489	406
8	31	487	531	497	497	527	415
8	32	460	534	521	533	500	423
8	33	435	Feriado	493	515	631	556
8	34	472	518	525	518	515	402
8	35	488	524	524	506	516	409
9	36	483	532	519	527	524	430
9	37	500	575	535	542	542	518
9	38	Feriado	Feriado	363	388	427	358
9	39	446	507	493	515	502	384
10	40	477	562	504	546	539	489
10	41	Feriado	467	450	510	526	416
10	42	484	521	503	515	500	399
10	43	466	511	516	614	Feriado	352
10	44	458	493	Feriado	484	484	443
11	45	494	541	526	521	495	418
11	46	495	574	506	539	518	422
11	47	493	542	544	527	493	393
11	48	469	507	506	532	482	430
12	49	467	523	546	561	Feriado	402
12	50	431	515	537	573	542	427
12	51	521	566	573	569	518	513
12	52	Feriado	491	487	534	488	410

Elaboración Propia en base a datos Propuestos.

Anexo 6: Cantidad de Kilogramos por Día Propuesta

Mes	Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
7	27	53349	61308	73809	86104	92699	91355
7	28	57427	67492	74646	84363	88765	84127
7	29	64658	68712	70949	76314	85564	69993
7	30	54854	59812	79638	98113	109284	87805
8	31	66822	75684	73329	80547	94229	96956
8	32	51611	59393	85806	91715	105847	76205
8	33	16409	Feriado	76017	80153	107639	100306
8	34	54036	49024	66604	89776	97949	73497
8	35	58711	73848	72799	77162	96786	74375
9	36	60943	81030	75121	84508	121809	91298
9	37	108131	108274	98606	113984	127928	129126
9	38	Feriado	Feriado	53785	72873	94228	92593
9	39	57104	55155	65375	86704	102018	89753
10	40	57921	75571	88876	110562	136759	115964
10	41	Feriado	51610	66796	93985	92888	85693
10	42	61762	66432	77542	87494	104165	94005
10	43	61840	69766	98432	115112	Feriado	93230
10	44	76969	86025	Feriado	87230	117316	105377
11	45	70221	74748	71488	80894	84841	80969
11	46	69911	73328	91382	94908	101685	103508
11	47	58011	84864	88813	92710	104324	102004
11	48	71558	70287	78406	101256	116229	97206
12	49	69949	82117	100576	131475	Feriado	98518
12	50	70412	73012	79517	103074	117673	83774
12	51	74355	95316	97594	108049	112851	110731
12	52	Feriado	71088	73833	117944	126016	115832
Kilos Totales		1.446.964	1.733.896	1.979.739	2.447.009	2.539.492	2.444.200

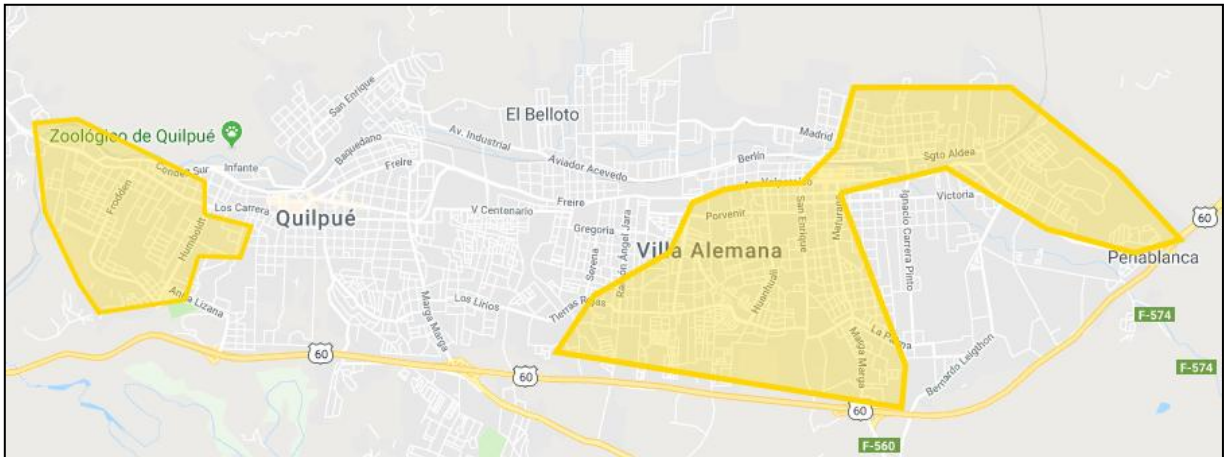
Elaboración Propia en base a datos Propuestos.

Anexo 7: Modificación de Macro Zonas

- Vendedor 7

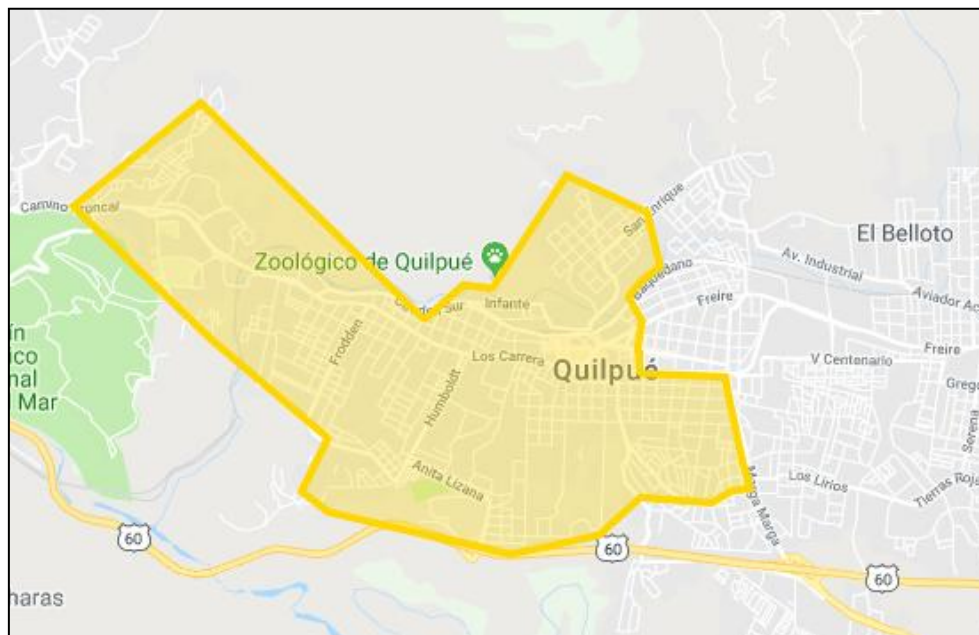
Mantenia una Zona de Reparto dividida en 2, una en la parte inicial de Quilpué, y la siguiente en Villa Alemana y Peñablanca.

Figura A



Posterior a la modificación realizada en el Capítulo 4, la Macro Zona Propuesta para el Vendedor 7 pasa a ser solo una, ubicada solamente en Quilpué.

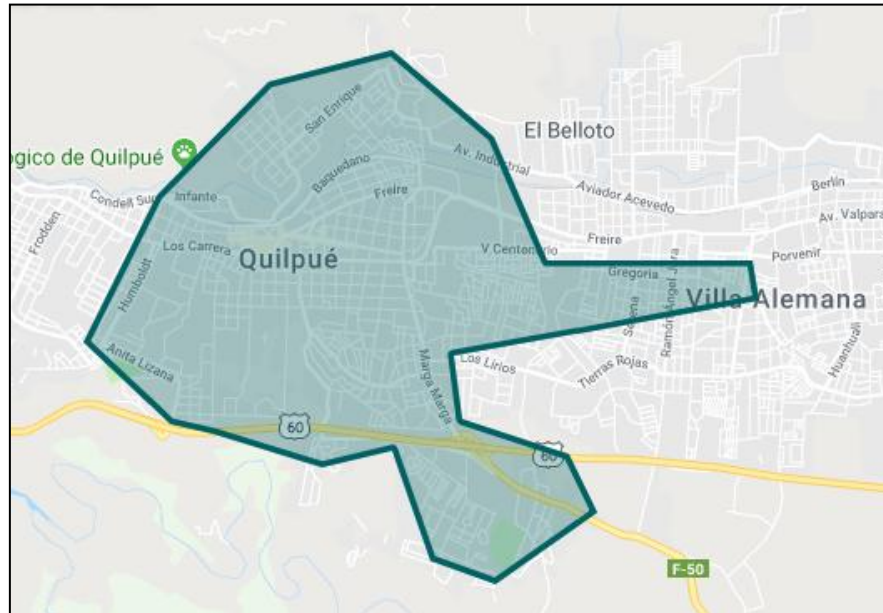
Figura B



- Vendedor 13

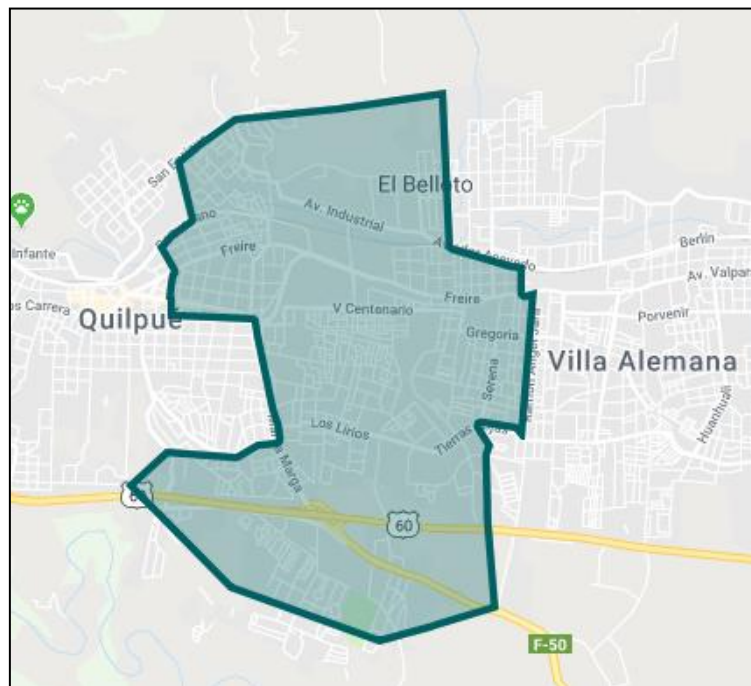
Mantenía una Zona de Reparto principalmente en Quilpué y centro de Villa Alemana.

Figura C



Luego de la modificación realizada, la Macro Zona Propuesta para el Vendedor 13 se ubica entre Quilpué, El Belloto e inicio de Villa Alemana.

Figura D



- Vendedor 12

Mantenía una Zona de Reparto ubicada entre Quilpué y Villa Alemana.

Figura E



Posterior a la modificación realizada, la Macro Zona Propuesta para el Vendedor 12 queda mayormente en Villa Alemana.

Figura F



- Viña del Mar – Concón

Figura I: Situación Actual

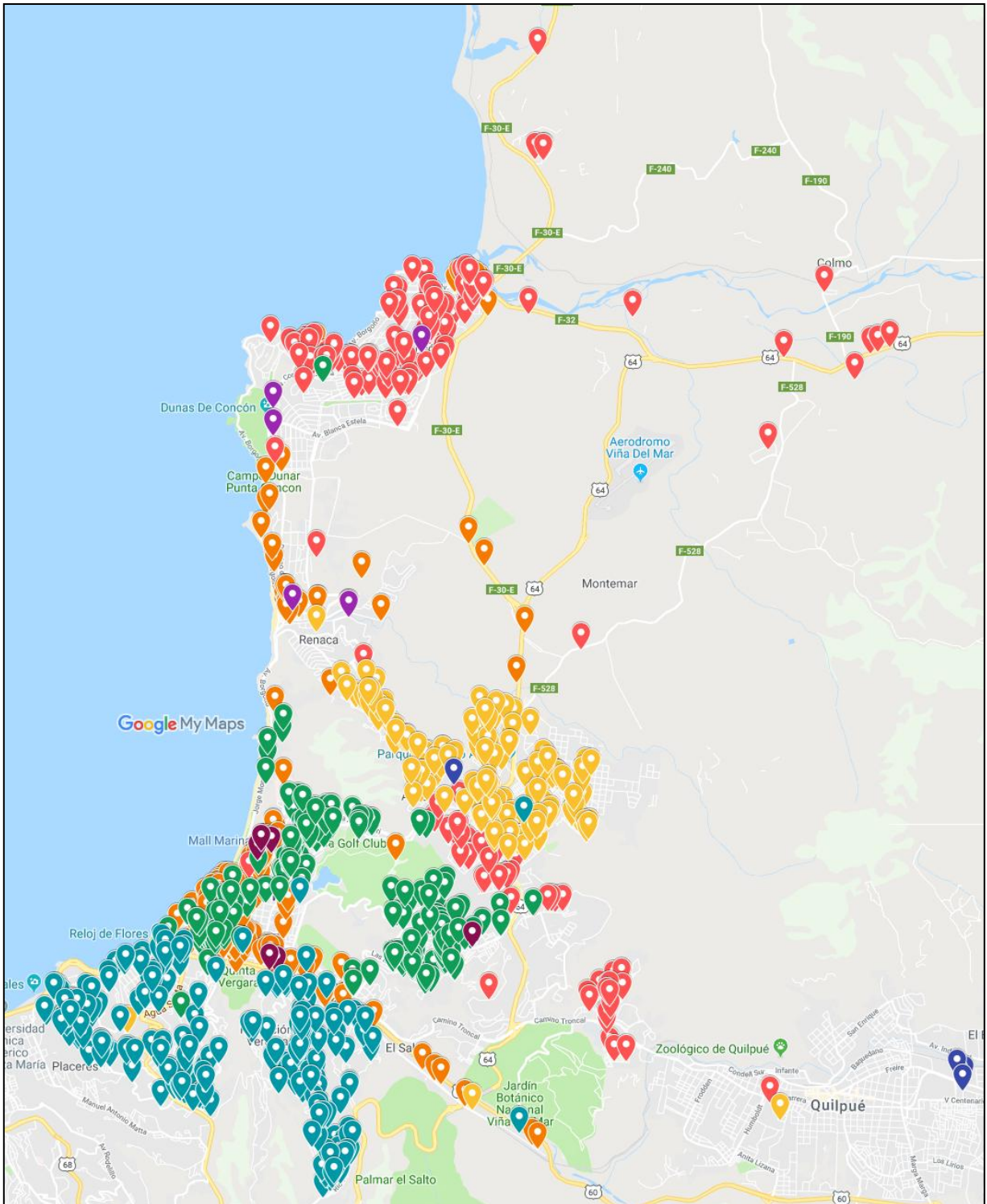
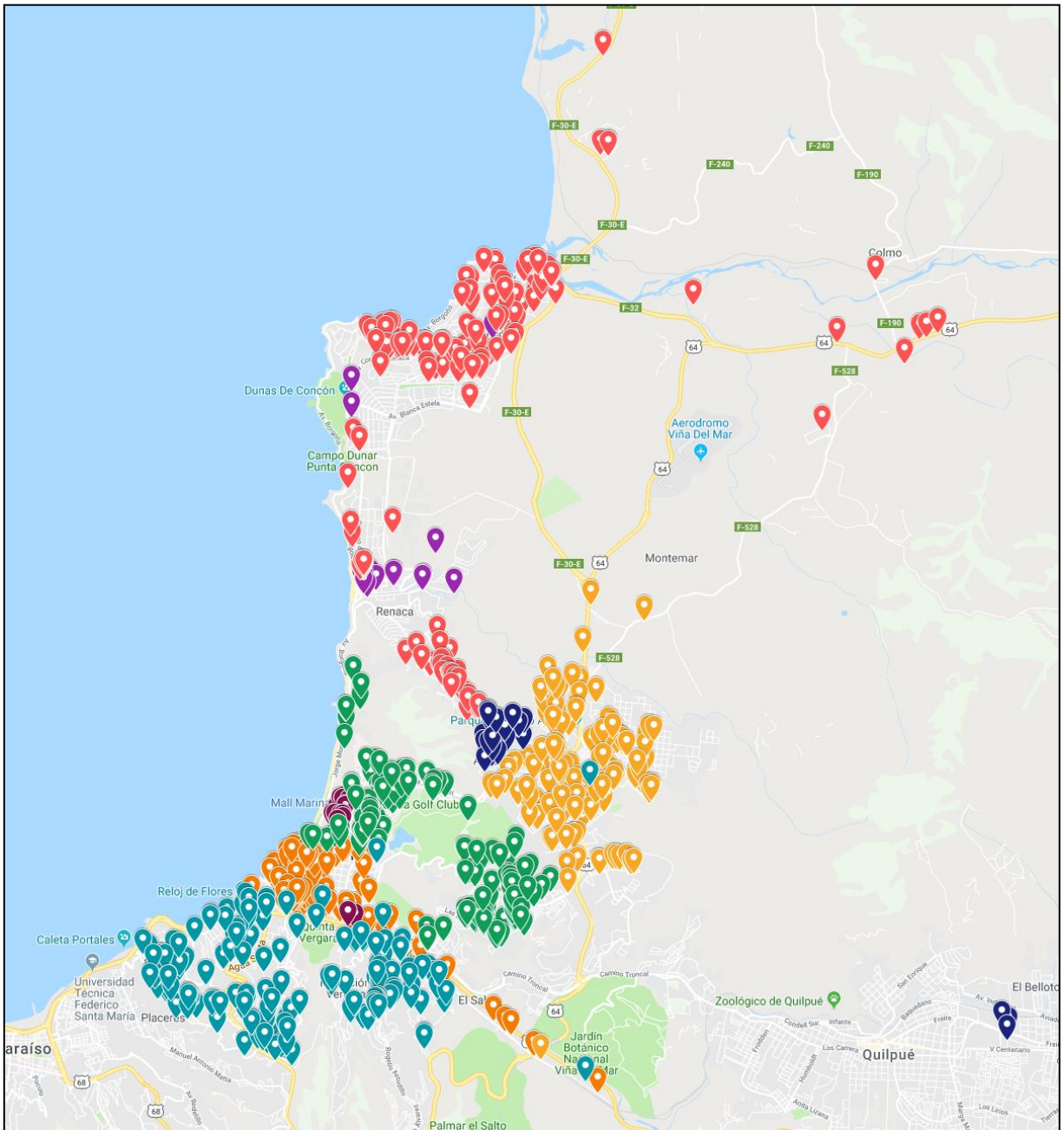


Figura J: Propuesta



- Valparaíso

Figura K: Situación Actual

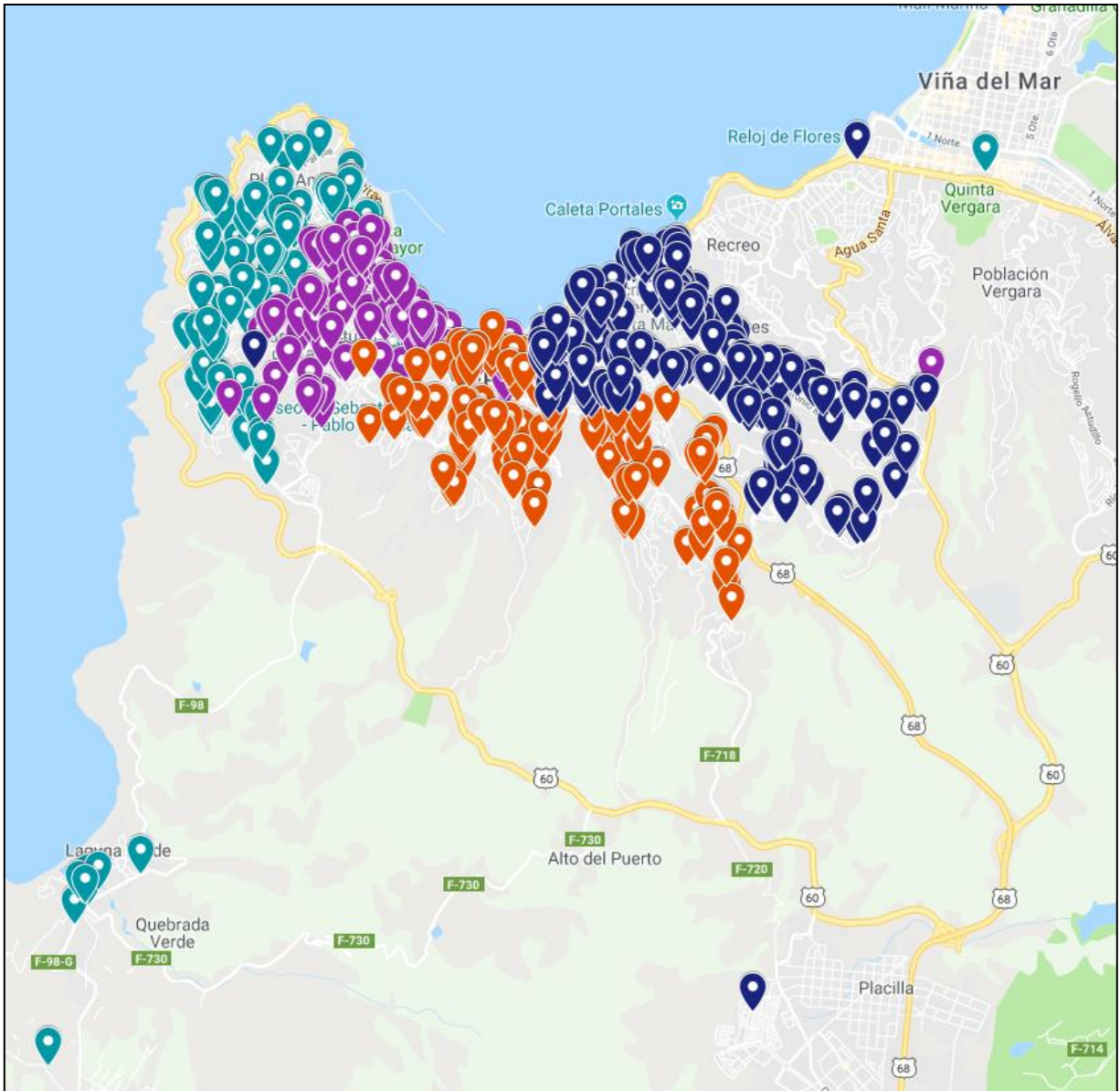
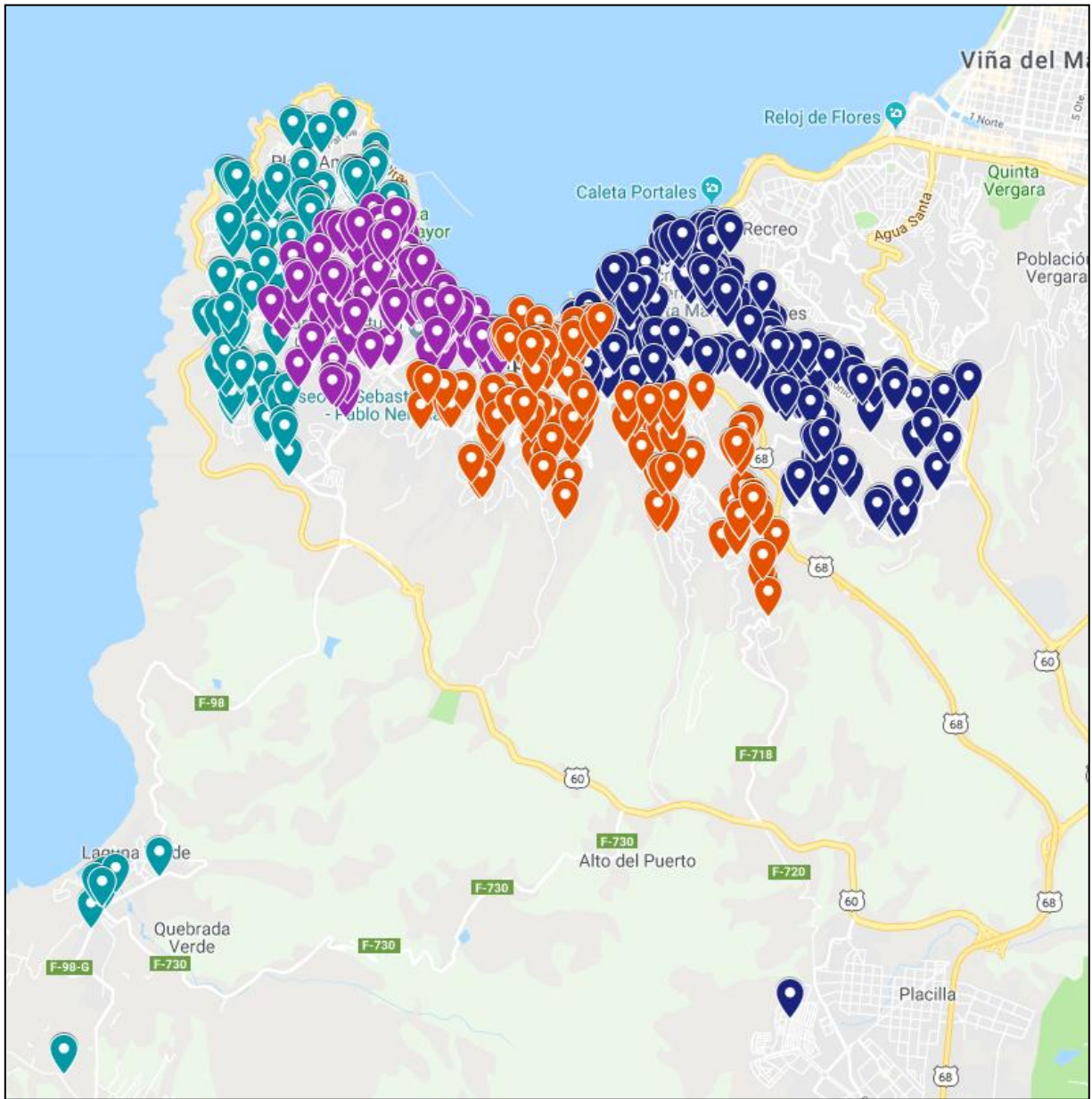


Figura L: Propuesta



- Curauma – Casablanca

Figura M: Situación Actual

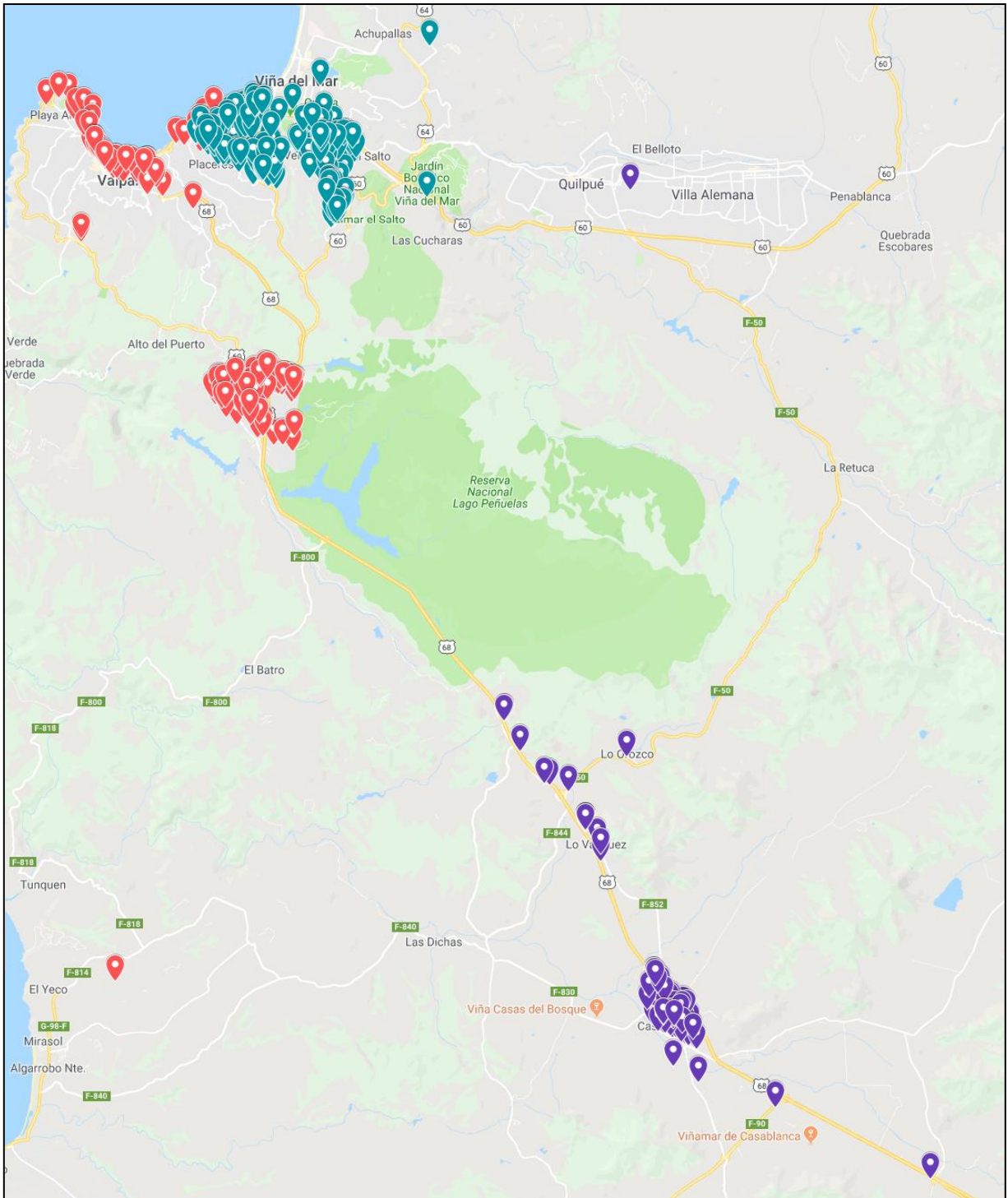
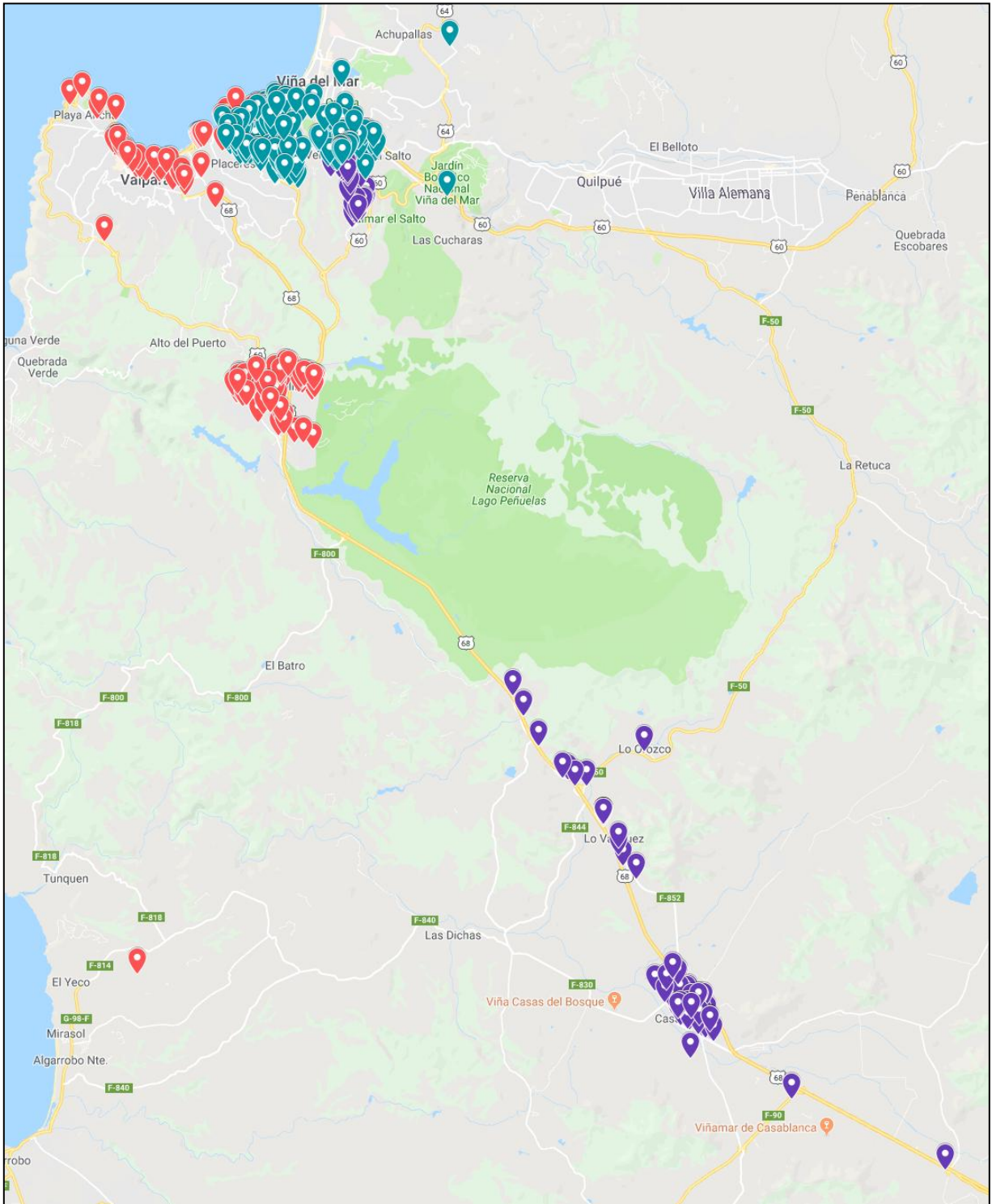


Figura N: Propuesta



Anexo 9: Visualización del resultado en el Software LINGO

The screenshot displays the LINGO software interface. The main window, titled "Lingo Model - Solución Ruta", shows a "Solution Report - Solución Ruta" with the following data:

```

Global optimal solution found.
Objective value:           9327.000
Objective bound:          9327.000
Infeasibilities:          0.000000
Extended solver steps:    8783
Total solver iterations:  164047
Elapsed runtime seconds:  31.68

Model Class:              MILP

Total variables:          812
Nonlinear variables:      0
Integer variables:        784

Total constraints:        840
Nonlinear constraints:    0

Total nonzeros:           5285
Nonlinear nonzeros:      0

```

At the bottom of the report, a table shows the variable value and reduced cost:

Variable	Value	Reduced Cost
N	28.00000	0.000000

An overlaid dialog box titled "Lingo 18.0 Solver Status [Solución Ruta]" provides detailed solver information:

- Solver Status:** Model Class: MILP, State: Global Opt, Objective: 9327, Infeasibility: 7.10543e-015, Iterations: 164047
- Variables:** Total: 812, Nonlinear: 0, Integers: 784
- Constraints:** Total: 840, Nonlinear: 0
- Nonzeros:** Total: 5285, Nonlinear: 0
- Generator Memory Used (K):** 616
- Elapsed Runtime (hh:mm:ss):** 00:00:31
- Extended Solver Status:** Solver Type: B-and-B, Best Obj: 9327, Obj Bound: 9327, Steps: 8783, Active: 0

The dialog box also includes an "Update Interval" set to 2, and buttons for "Interrupt Solver" and "Close".