

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



“Diseño de un sistema de gestión de despacho para disminuir los rechazos generados en las entregas de productos de la empresa Konexia S.A. en la Región Metropolitana”

Por

Luis Felipe Peña Muñoz

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

Prof. Guía: Luis Seccatore

Enero, 2019

Agradecimientos

Durante el transcurso de este largo viaje lleno de altos y bajos, nunca estuve solo, siempre me acompañaron personas increíbles que me ayudaron y apoyaron en los momentos más difíciles. Es por esto que no puedo dejar de reconocer y agradecer:

A mis padres, Lastenia y Eduardo, que sin su apoyo incondicional no estaría en este lugar, siempre estuvieron ahí entregándome una palabra de aliento cuando más lo necesitaba, se emocionaron con mis alegrías y jamás perdieron la confianza en mí. Los amo con todo mí ser, aunque no se los diga tan a menudo.

A Nicol, mi polola, mi compañera, mi confidente, que día a día me alentaba para dar lo mejor de mí, ayudándome en los momentos más difíciles a sacar esta tarea adelante y nunca dejarme solo, gracias por compartir mis tristezas y alegrías, mis risas y mis enojos, es por esto y muchas cosas más que te estaré eternamente agradecido. Te amo mucho mi negra.

A mi familia y amigos, que siempre estuvieron ahí apoyándome en mis decisiones, preocupados de saber cómo estaba y fueron capaces de entregarme todo su afecto y cariño.

A mi profesor Guía, Luis Seccatore, que me ayudo a avanzar, compartiendo sus conocimientos y experiencias, impulsándome a dar más, a descubrir mis equivocaciones y sobre todo, por ayudarme a obtener las herramientas necesarias para poder responder mis inquietudes. Gracias Profesor.

Por fin puedo decir, misión cumplida.

Índice

Glosario	6
Lista de Abreviaturas	8
Lista de Figuras	9
Lista de Tablas	12
Resumen	14
Abstract	15
Introducción	16
1. Descripción de la Empresa	17
1.1 Antecedentes de la Empresa.....	17
1.2 Misión y Visión	17
1.3 Datos de la Empresa	18
1.4 Servicios entregados por la Empresa	18
1.5 Relación de la Empresa con Movistar	19
1.6 Productos y Servicios	19
1.6.1 Productos.....	19
1.6.2 Servicios	20
1.7 Descripción del Proceso Actual de Entrega de Productos	20
1.8 Descripción Detallada del Proceso de Despacho	22
2. Análisis de la Situación Actual y Planteamiento del Problema	31
2.1 Situación Actual.....	31
2. 2 Análisis de las Causas de no Entrega.	33
2.2.1 Clasificación de las Causas	35
2.2.2 Descripción de las Causas.....	37
2.3 Planteamiento del Problema.....	39

2.4 Objetivos	40
2.4.1 Objetivo General	40
2.4.2 Objetivos Específicos	40
3. Marco Teórico	41
3.1 Modelo Determinístico	41
3.2 Sistema Logístico de Distribución Complementada	42
3.3 Simulación Dinámica	44
3.4 Desarrollo de un Framework	45
3.5 Diseño de un Sistema de Ruteo	45
4. Metodología	49
4.1 Metodología	49
4.1.1 Alcance de la Metodología	49
4.2 Procesamiento de la Información	49
4.3 Tiempos implicados en el proceso de entrega	50
4.3.1 Comparación de la ruta realizada y la ruta obtenida a través de la herramienta Google Maps.	52
4.4 Utilización de K-Means como método de agrupación	54
4.4.1 Creación de Clústers	54
4.4.2 Aspectos del proceso de agrupamiento de clientes	62
4.5 Formulación y validación de un modelo matemático para la verificación de la solución del problema	68
4.5.1 Definición de las variables involucradas	71
4.5.2 Validación para los clúster formados	72
4.6 Revisión de la metodología aplicada	80
4.7 Aplicación de metodología en un día cotidiano	81
4.7.1 Descripción de los pasos a seguir	81
4.7.2 Caso para un día cotidiano	82

5. Resultados Obtenidos.....	116
5.1 Análisis de resultados obtenidos	116
Conclusiones y recomendaciones.....	117
Conclusiones.....	117
Recomendaciones.....	118
Bibliografía.....	120
Anexos	121
Anexo A: Procesos del Operador Logístico	121
Anexo B: Tabla de Asignaciones.....	144
Anexo C: Comprobación de nodos agrupados por clúster, mediante variación del centroide inicial.	152
Anexo D: Información del conjunto de nodos entregados en un día	157

Glosario

Autentica: Sistema que permite la obtención de evidencias y experiencias de las personas.

Biometría: Tecnología de identificación basada en el reconocimiento de una característica física e intransferible de las personas.

Bulto o Paquete: Conjunto de objetos que se encuentran atados o envueltos, formando un bloque con una etiqueta con el nombre y la dirección del destinatario con la finalidad de ser enviado, mediante los servicios de correos o por un servicio de entrega exprés. Dentro de los objetos que pueden ser enviados por Konexia hacia sus clientes, se destacan los equipos celulares y simcard.

Citrix: Sistema que suministra tecnologías de virtualización de servicios, conexión en red, software como servicio e informática en la nube, entre las que se cuentan los productos Xen de código abierto. Para efectos de este trabajo, Citrix contempla a los siguientes recursos: Autentica, Evaluador de Riesgo, MYPASS Ampliado, Recambio, SAP, SCL y SGUsac.

Persona Física: Se entiende por persona física a todos los seres humanos con capacidad de adquirir derechos y contraer obligaciones.

Persona Moral: Se entiende por persona moral a un sujeto poseedor de derechos y obligaciones que existe físicamente pero no como individuo sino como institución y que es conformada por una o más personas físicas.

Postpago: Servicio de telefonía móvil donde el pago debe realizarse de manera posterior a la utilización del plan adquirido.

Prepago: Servicio de telefonía móvil donde el pago debe realizarse de maneca anticipada a la utilización del plan adquirido.

Sistema Operador Logístico: Sistema integrado que otorga a la empresa las capacidades y recursos necesarios para integrar y sincronizar las funciones albergadas en un proceso continuo.

Unifica: Software que comprende información económico-financiera, cartográfica e información de encuestas de infraestructura y equipamientos locales de Chile.

Lista de Abreviaturas

BAM: Banda Ancha Móvil

BPO Externalización de Procesos de Negocio (*Business Process Outsourcing*)

CAP: Código de Activación de Prepago

RM: Región Metropolitana

VRP: Problema de Enrutamiento de Vehículos (*Vehicle Routing Problem*)

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Productos y servicios distribuidos por Konexia. www.Konexia.cl	19
Figura 1.2 – Diagrama del proceso de despacho actual. Pare 1 de 3. Elaboración Propia.	288
Figura 1.3 – Diagrama del proceso de despacho actual. Parte 2 de 3. Elaboración Propia.	299
Figura 1.4 – Diagrama del proceso de despacho actual. Parte 3 de 3. Elaboración Propia.	30
Figura 2.1 – Detalle de las entregas en la R.M durante el período de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016. Elaboración propia.....	31
Figura 2.2 – Diagrama de Causa – Efecto. Expone el problema que aqueja a Konexia S.A. Elaboración propia con la información entregada por la empresa,	33
Figura 2.3 – Diagrama de Pareto de las Causas de no Entrega provocadas por Konexia. Elaboración Propia	36
Figura 4.1 – Ilustración de la ubicación de nodos en mapa de la Región Metropolitana. www.nodoturismorural.com	50
Figura 4.2 – Tiempo de traslado en el despacho de productos. Elaboración Propia	53
Figura 4.3 – Ubicación geográfica de los clientes a visitar. Elaboración Propia	56
Figura 4.4 –Clúster desarrollados a partir de la iteración n°1. Elaboración Propia	60
Tabla 4.6: Ubicación espacial de los centroides generados en la primera iteración para los clúster 1 y clúster 2.....	60
Figura 4.5 –Clúster desarrollados a partir de la iteración n°2. Elaboración Propia	62
Figura 4.6 – Ubicación e identificación geográfica de los clientes a visitar. Elaboración Propia	65
Figura 4.7 – Sub rutas formadas a través del modelo. Elaboración Propia	70
Figura 4.8 – Confirmación del modelo en software Lindo 6.1. Parte 1 de 2. Elaboración Propia	75
Figura 4.9 – Confirmación del modelo en software Lindo 6.1. Parte 2 de 2. Elaboración Propia	76
Figura 4.10 – Reporte del modelo expresado en el software Lindo 6.1. Elaboración Propia	77

Figura 4.11 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps. Elaboración Propia	79
Figura 4.12 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°1. Elaboración Propia.....	93
Figura 4.13 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°2. Elaboración Propia.....	94
Figura 4.14 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°3. Elaboración Propia.....	95
Figura 4.15 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°4. Elaboración Propia.....	96
Figura 4.16 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°5. Elaboración Propia.....	97
Figura 4.17 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°6. Elaboración Propia.....	98
Figura 4.18 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°7. Elaboración Propia.....	99
Figura 4.19 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°8. Elaboración Propia.....	100
Figura 4.20 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°9. Elaboración Propia.....	101
Figura 4.21 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°10. Elaboración Propia.....	102
Figura 4.22 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°11. Elaboración Propia.....	103
Figura 4.23 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°12. Elaboración Propia.....	104
Figura 4.24 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°13. Elaboración Propia.....	105
Figura 4.25 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°14. Elaboración Propia.....	106
Figura 4.26 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°15. Elaboración Propia.....	107
Figura 4.27 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°16. Elaboración Propia.....	108

Figura 4.28 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°17. Elaboración Propia.....	109
Figura 4.29 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°18. Elaboración Propia.....	110
Figura 4.30 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°19. Elaboración Propia.....	111
Figura 4.31 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°20. Elaboración Propia.....	112
Figura 4.32 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°21. Elaboración Propia.....	113
Figura 4.33 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°22. Elaboración Propia.....	114
Figura 4.34 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°23. Elaboración Propia.....	115

Lista de Tablas

Tabla 2.1 – Detalle de las Causas de las Asignaciones no Entregadas durante el período de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016.....	344
Tabla 2.2 - Causas de las Asignaciones no Entregadas provocadas por el Cliente durante el período de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016.....	355
Tabla 2.3 - Causas de las Asignaciones no Entregadas provocadas por Konexia durante el período de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016.....	366
Tabla 3.1 – Cuadro comparativo de las diversas metodologías descritas en el Marco Teórico	477
Tabla 4.1: Tiempos implicados en la entrega de productos de telefonía móvil.	511
Tabla 4.2: Localización de clientes, en función de su longitud y latitud.	555
Tabla 4.3: Localización de clientes 15 y 20, en función de su longitud y latitud.....	566
Tabla 4.4: Distancia existente desde cada nodo hasta los centroides 15 y 20	588
Tabla 4.5: Clasificación de cada nodo entre los clúster 1 y 2, en relación a su cercanía con cada centroide.	599
Tabla 4.7: Reasignación de nodos a un nuevo clúster, por actualización de centroides	611
Tabla 4.8: Identificación de los Nodos	644
Tabla 4.9: Resumen de tabla asociada a la distancia en kilómetros de nodo a nodo	666
Tabla 4.10: Resumen de tabla asociada al tiempo de transporte en minutos de nodo a nodo	677
Tabla 4.11: Tiempo total en minutos involucrado en el proceso de visitar cada nodo	688
.....	69
Tabla 4.12: Identificación de los Nodos	722
Tabla 4.13: Distancia en kilómetros, involucrada en el proceso de visitar cada nodo en un clúster al azar	722
Tabla 4.14: Identificación de la ruta sugerida por el software Lindo 6.1	788
Tabla 4.15: Extracto de la identificación de Nodos con sus Coordenadas	822
Tabla 4.16: Identificación de los Nodos Centroides para la Iteración N°1	844
Tabla 4.17: Clúster Formados para Iteración N°1	855
Tabla 4.18: Identificación de los Nodos Centroides para la Iteración N°2	866
Tabla 4.19: Clúster Formados para Iteración N°2	877
Tabla 4.20: Identificación de los Nodos Centroides para la Iteración N°3	888

Tabla 4.21: Clúster Formados para Iteración N°3	899
Tabla 4.22: Identificación de los Nodos Centroides para la Iteración N°4	90
Tabla 4.23: Clúster Formados para Iteración N°4	911
Tabla 4.24: Identificación de los Nodos del Clúster N°1	922
Tabla 4.25: Distancia en kilómetros, involucrada en el proceso de visitar cada nodo del Clúster N°1	922
Tabla 4.26: Identificación de los Nodos del Clúster N°2.....	944
Tabla 4.27: Identificación de los Nodos del Clúster N°3.....	955
Tabla 4.28: Identificación de los Nodos del Clúster N°4.....	966
Tabla 4.29: Identificación de los Nodos del Clúster N°5.....	977
Tabla 4.30: Identificación de los Nodos del Clúster N°6.....	988
Tabla 4.31: Identificación de los Nodos del Clúster N°7.....	999
Tabla 4.32: Identificación de los Nodos del Clúster N°8.....	100
Tabla 4.33: Identificación de los Nodos del Clúster N°9.....	1011
Tabla 4.34: Identificación de los Nodos del Clúster N°10.....	1022
Tabla 4.35: Identificación de los Nodos del Clúster N°11.....	1033
Tabla 4.36: Identificación de los Nodos del Clúster N°12.....	1044
Tabla 4.37: Identificación de los Nodos del Clúster N°13.....	1055
Tabla 4.38: Identificación de los Nodos del Clúster N°14.....	1066
Tabla 4.39: Identificación de los Nodos del Clúster N°15.....	1076
Tabla 4.40: Identificación de los Nodos del Clúster N°16.....	1088
Tabla 4.41: Identificación de los Nodos del Clúster N°17.....	1099
Tabla 4.42: Identificación de los Nodos del Clúster N°18.....	11010
Tabla 4.43: Identificación de los Nodos del Clúster N°19.....	1111
Tabla 4.44: Identificación de los Nodos del Clúster N°20.....	1122
Tabla 4.45: Identificación de los Nodos del Clúster N°21.....	11313
Tabla 4.46: Identificación de los Nodos del Clúster N°22.....	11414
Tabla 4.47: Identificación de los Nodos del Clúster N°23.....	11515

Resumen

La empresa Konexia S.A., la cual está clasificada en el rubro de las comunicaciones, es actualmente socio comercial de Movistar S.A. Chile, prestando el servicio de venta de los distintos productos y servicios de Movistar, además de encargarse de toda la operación logística en la entrega de estos productos y servicios a todos sus clientes a nivel nacional. Dentro de la variedad de productos y servicios que presta Konexia S.A., se destaca la venta de equipos celulares y planes de telefonía móvil, los cuales son los principales servicios en los que se debe gestionar la operación logística de la entrega al cliente.

El presente trabajo de título expone el desarrollo de una propuesta de mejora del proceso de entrega de productos, el cual tiene por objetivo disminuir la cantidad de rechazos generados en la Región Metropolitana.

En el contexto de este proceso de entrega o despacho, es la empresa quien identifica un determinado porcentaje de entregas asignadas que son rechazadas justo antes de llegar al cliente final. De aquí se desprende la necesidad de disminuir la cantidad de asignaciones no entregadas en la Región Metropolitana, a través de la configuración de rutas creadas estratégicamente, asegurando la llegada del despachador a su destino.

Para cumplir con este objetivo se ha utilizado el algoritmo K _ Means Clustering, que consiste en el agrupamiento de diversos clientes (nodos) a través de grupos (clúster) que poseen un centroide determinado. Para esto, se ha diseñado un modelo matemático, con el propósito de determinar el tiempo que demora realizar cada ruta.

Los resultados entonces son indiscutibles. Al generar rutas que posean nodos cercanos entre sí, es posible hacer la entrega de todos los productos o servicios asignados.

Abstract

The Konexia S.A company, which is classified in the category of communications, it is currently a trade partner of Movistar S.A. Chile, providing the sales service of the various products and services of Movistar, besides being in charge of the entire logistics operation in the delivery of these products and services to all its customers nationwide. Within the variety of products and services provided by Konexia S.A., stands selling cell phones equipment and mobile telephony plans, which are the main services in which it must be managed the logistics operation of the delivery to the customer.

The present degree project stated the development of a improvement proposal of the process for delivery of products, which aims to reduce the amount of rejections generated in the Metropolitan Region.

In the context of this process of delivery or dispatch, is the company who identifies a certain percentage of assigned deliveries which are rejected just before to reach the final customer. From here that there is the need to decrease the amount of assignments not handed in the Metropolitan Region, through the configuration of routes created strategically, ensuring the arrival of the dispenser to its destination.

To achieve this objective has been used the algorithm K _ Means Clustering, that consists of the grouping of different customers (nodes) through groups (clúster) that possess a particular centroid. For this, has been designed a mathematical model, for the purpose of determining the time that it takes to perform each route.

The results then are indisputable. To generate routes having each other nearby nodes, it is possible to make the delivery of all products or services assigned.

Introducción

El presente trabajo de título, se enfoca en la evaluación de la situación actual y propuesta de mejora para el proceso de asignación de entrega de productos, de la empresa Konexia S.A.

Konexia es una empresa chilena con más de diez años de presencia en el mercado de las telecomunicaciones, ubicada en Avenida Irarrázaval #1410 y Seminario #790, ambas en la comuna de Ñuñoa, Santiago de Chile. En donde, a través de una plataforma call-center, entregan servicios de venta y post venta a su socio comercial Movistar. Además se encarga del servicio de la operación logística de entrega al cliente, el cual puede ser dividido en procesos claramente identificables, como el proceso de primera llamada, score, enganche, contrato, recepción de contrato, bodega, logística inversa, despacho, gestor documental, coordinación, recaudación, visado y finalmente abg.

Es en el proceso de despacho o entrega en el que la empresa identifica sus mayores inconvenientes y, entonces en donde sitúa aquellos problemas que enfrentan actualmente. A pesar de esto la empresa no ha realizado un estudio detallado que permita vislumbrar aquellos factores que facilitarían y/o promoverían el rechazo de entregas ya asignadas hacia sus clientes, específicamente para los que residen en la Región Metropolitana.

Desde esta perspectiva es que se realizará el presente trabajo, esbozando como objeto de análisis principal, al proceso de despacho o entrega, sin descuidar la comprensión de los procesos que componen el servicio de la operación logística de la entrega al cliente. Se pretende así, encontrar las causas reales que provocan el rechazo de entregas ya asignadas.

Por consiguiente, a través de los capítulos de esta memoria se contextualizará el estado en el que se encuentra la empresa, describiendo su situación actual, desarrollando un marco teórico que permita descubrir cómo solucionar el problema que la aqueja, para descubrir las herramientas metodológicas que se utilizarán y aplicarán, con el objetivo de mejorar sus procesos.

1. Descripción de la Empresa

1.1 Antecedentes de la Empresa

Konexia S.A. es una empresa familiar con más de diez años de presencia en el mercado de las comunicaciones a nivel nacional. En este rubro se ha desempeñado como socio comercial de Movistar S.A. facilitando procesos de venta de planes de telefonía móvil, hogar y televisión, también de datos móviles y distintos dispositivos entre ellos equipos celulares.

En la actualidad Konexia S.A. presta servicios de ventas de los distintos productos y servicios de Movistar a través de una plataforma de Call-Center de última generación, ubicada en su casa matriz en Av. Irarrázaval #1410, Ñuñoa, Santiago de Chile.

Al mismo tiempo se encargan de la Operación Logística de Entrega al Cliente, en todo el territorio continental chileno. Esta entrega es gestionada por el área logística de la empresa, la cual está conformada por trece departamentos, que van desde el contacto inicial con el cliente final hasta la entrega de la información correspondiente a su socio comercial.

1.2 Misión y Visión

Misión y Visión definida por Konexia:

Misión

“Buscamos día a día la perfección en lo que hacemos, para ofrecer a nuestros clientes un servicio de calidad con valor agregado.”

Visión

“Ser la empresa BPO reconocida por su compromiso con nuestros clientes, socio estratégico fundamental en el crecimiento y desarrollo de sus negocios.”

1.3 Datos de la Empresa

- Nombre de la Empresa: Konexia Sociedad Anónima.
- Rut: 76.072.004 - 6
- Dirección N°1: Avenida Irarrázaval #1410, Ñuñoa, Santiago, Chile.
- Dirección N°2: Seminario #790, Ñuñoa, Santiago, Chile.
- Teléfono: +56(2) 2746698
- E-mail: info@konexia.cl
- Página Web: www.konexia.cl

1.4 Servicios entregados por la Empresa

1. Business Process Outsourcing (BPO)

1.1 BPO de Servicios de Contacto con el Cliente (Customer Contact):

- Atención a Clientes
- Venta de Productos y Servicios
- Cobranzas
- Investigación de Mercado

1.2 BPO de Servicios de Gestión de la Información:

- Mesa de Ayuda (Help Desk)

2. Operador Logístico

2.1 Ejecución de los procesos de la cadena de entrega de servicios

- Primera Llamada
- Score
- Enganche
- Contrato
- Recepción de Contrato
- Bodega
- Logística Inversa
- Despacho

- Gestor Documental
- Departamento de Coordinación
- Recaudación
- Departamento de Visado
- ABG

1.5 Relación de la Empresa con Movistar

Movistar, dentro de su rol de empresa de telecomunicaciones, ofrece múltiples servicios y productos a sus clientes. Dentro del acercamiento que tiene Movistar con dichos clientes, existe la comunicación telefónica. A través de este canal se gestionan la venta de distintos servicios y la entrega de determinados productos. Sin embargo no es Movistar en sí quien lleva a cabo estos contratos, para esto cuenta con Konexia, quien informa al cliente de los productos y servicios ofrecidos por Movistar, gestiona las ventas y posteriormente realiza entregas de productos en el caso de proceder.

Por lo tanto Konexia se ubica en un punto medio entre la empresa Movistar y los clientes finales.

1.6 Productos y Servicios

1.6.1 Productos

La empresa Konexia S.A. distribuye los siguientes productos:

Equipos Móviles



Sim Card



BAM



Figura 1.1 – Productos y servicios distribuidos por Konexia. www.Konexia.cl.

1.6.2 Servicios

La empresa Konexia S.A. distribuye los siguientes servicios:

1. **Migra:** Es el proceso que le permite a cualquier persona física cliente de Movistar, física con actividad empresarial o persona moral pasar desde el servicio de prepago a postpago, o viceversa.
2. **Portabilidad:** Es el proceso que le permite a cualquier persona física, física con actividad empresarial o persona moral cambiarse de compañía conservando su número; con la condición de que se realice dentro de la misma localidad; es decir, con la misma clave de larga distancia.
3. **Línea Nueva:** Es el proceso que le permite a cualquier persona física, física con actividad empresarial o persona moral adquirir una línea móvil nueva con Movistar. Esta nueva adquisición puede ser tanto para un servicio postpago como prepago.

Requisitos para adquirir el servicio postpago:

- Ser mayor de 18 años.
- Acreditar renta.
- No presentar morosidad anterior con Movistar.
- No estar en Dicom.

1.7 Descripción del Proceso Actual de Entrega de Productos

Las compañías telefónicas, en su anhelo de conseguir nuevos usuarios se ven en la necesidad de acudir a empresas externas, como es el caso de Konexia, la cual tiene por objetivo captar una mayor cantidad de clientes, en representación de Movistar a lo largo de todo el país.

Para llevar a cabo sus procesos Konexia cuenta con un operador logístico el cual posee un sistema integrado que le da a la empresa la capacidad de sincronizar las funciones relacionadas con el proceso de venta y entrega de los productos y servicios que ofrece. Este proceso se inicia cuando una persona toma la decisión de tomar los servicios

de la compañía telefónica Movistar, ya sea por iniciativa propia o por el contacto con un tercero, ofreciendo un producto o servicio.

El potencial cliente es evaluado previamente en relación al cumplimiento de requisitos internos, lo cual incluye extracción de datos personales como nombre, cedula de identidad, fecha de nacimiento, dirección, entre otros., y posteriormente Konexia está facultado para aceptar o rechazar la solicitud. Si la persona cumple con las condiciones económicas determinadas por Movistar, es aceptada como cliente, y es en ese preciso momento donde la empresa Konexia comienza con la gestión para la entrega de su producto, que puede ser un equipo móvil y/o una simcard.

Cuando Konexia, le informa a la persona que su solicitud ha sido aceptada, se le informa que su producto se entregará en la dirección registrada, o bien, en una dirección alternativa que el cliente pueda otorgar.

Posteriormente se comienza con la confección del contrato de venta o arriendo, dependiendo del servicio o producto solicitado por el cliente. En este contrato aparecerán todas las indicaciones y condiciones que el cliente debe tener en consideración para mantener una correcta operación del servicio que recibirá por parte de Movistar. En seguida se procede a imprimir el contrato, con sus respectivas copias y anexos.

Una vez que el contrato es impreso, es llevado a bodega, en donde se efectúa la asignación de carga. Es en esta instancia en donde, considerando cada contrato, se estipula por escrito el detalle de los productos que ahí aparecen.

A continuación se procede a realizar la asignación de entrega, la cual dependerá de la dirección que informo el cliente, ya que, cada entrega es asignada a un despachador distinto dependiendo de la zona geográfica de entrega que este establecida. Consecutivamente se arma un paquete con toda la asignación de entrega que posee cada despachador acompañada de una hoja con el detalle de la misma.

Este paquete es entregado a primera hora del día siguiente al despachador, luego de que haya declarado los ingresos percibidos el día anterior, y haya entregado la documentación facilitada por los clientes. En seguida el despachador de la empresa comienza a generar la ruta que más le acomoda según la carga e información que le fue entregada. Este debe guiarse de acuerdo a la ruta que le fue asignada, cumpliendo con los plazos y acudiendo a los lugares estipulados con el cliente. Estando ahí, el cliente debe entregar una serie de documentos solicitados con anterioridad tales como, fotocopia de la

cédula de identidad, acreditación de renta, entre otros, para posteriormente completar el contrato que viene adjunto con el producto.

Cuando el cliente entrega y completa toda la información solicitada, el despachador hace entrega del producto, junto con una copia del contrato y de los anexos. Una vez gestionado el proceso anterior, el servicio será activado dentro de las próximas 24 horas aproximadamente, tiempo estimado en el cual Konexia debe enviar la documentación necesaria a Movistar, para que este procese e ingrese la información actualizada a su base de datos.

Si no ocurren imprevistos en el proceso de despacho y confección del contrato, tales como, firmas faltantes, fotocopia de cédula de identidad difusa, cédula de identidad vencida, rechazos de entregas asignadas, entre otros, el proceso se finaliza exitosamente y Konexia recibirá el pago por la entrega del producto.

1.8 Descripción Detallada del Proceso de Despacho

N°	Actividad
Despachador	
1	Retirar asignación.
1.1	Retirar asignación en Región Metropolitana: el despachador tendrá que dirigirse personalmente a la bodega de Konexia a retirar la carga que posee asignada.
1.2	Retirar asignación en regiones: si el despachador es de región debe retirar su carga en el lugar de despacho que tiene WCP.
2	Verificar asignaciones: después de retirar la carga asignada, procederá a verificar que toda su asignación se encuentre acorde con lo que aparece en las planillas de enganche. Si existe algún problema se devolvera la carga a bodega.
3	Armar ruta: procederá a preparar el recorrido que debe realizar durante el transcurso del día.
4	Llamar al cliente: se tendrá que llamar a cada cliente que se le ha asignado, para coordinar la entrega del servicio. Ya sea el lugar (dirección) y el horario estimado de entrega.
4.1	Posponer entregas: si no se logra comunicar durante el primer día con el cliente, la entrega debe programarse para el próximo día. Si esta situación de

	incomunicación persiste durante el segundo día, el despachador debe dar aviso a su coordinador para que el servicio del cliente se tenga que dar de baja.
4.2	Enviar documentación al departamento de coordinación: se entregará el contrato con su respectivo anexo y planilla de enganche al departamento de coordinación para poder dar de baja la solicitud
5	Saludar al cliente: presentarse y coordinar entrega del servicio con el cliente.
6	Despedirse del cliente: ya coordinado el lugar y hora de entrega, se despedirá del cliente y se responderán las consultas que puedan surgir.
7	Realizar nómina: efectuar una nómina con todos los despachos que debe realizar. En donde se registra el Rut del cliente y su número telefónico
8	Enviar nómina: la nómina que se acaba de realizar, se debe enviar al coordinador que posee cada despachador, para poder verificar si existe algún problema con el cliente.
Coordinador	
9	Recepcionar nóminas: las nóminas que son enviadas por los despachadores, tanto las de la Región Metropolitana como las del resto de las regiones. Al mismo tiempo en estas nóminas se podrán encontrar tres tipos de contratos: los contratos de portabilidad, migras y líneas nuevas o altas. Las nóminas presentan: el RUT del cliente, el número de contacto y el tipo de contrato.
9.1	Recepcionar contrato línea nueva o alta.
9.2 9.3	Recepcionar contrato migra y contrato portabilidad.
	1. Abrir aplicativo Citrix.
	2. Ingresar datos del usuario en el aplicativo Citrix.
	3. Seleccionar la opción "Autentita".
	4. Ingresar al aplicativo "Auntentica" con los datos del usuario.
	5. Iniciar sesión en el aplicativo Autentica.
	6. Seleccionar aplicativo "Unifica Fron-End 2.0".
	7. Ingresar a plataforma Unifica.
	8. Ingresar Rut del cliente.
	9. Verificar estado de la solicitud: dependiendo del estado en el que se encuentre la solicitud en el aplicativo Unifica, se podrá avanzar o simplemente rechazar.

	9.1 Rechazar solicitud: si la solicitud del cliente se encuentra en estado de investigación, esta tendrá que ser rechazada. Para posteriormente verificar el motivo del rechazo e informárselo al despachador.
	9.2 Validar servicio: si la solicitud del cliente se encuentra en estado de aceptación, se valida el servicio y se procede al siguiente paso.
10	Verificar deudas: si el cliente posee deudas al momento de coordinar la entrega, el coordinador debe llamar al cliente para informarle sobre la situación en la que se encuentra.
10.1	Llamar Cliente: este llamado se realizará siempre y cuando el cliente presente algún tipo de deuda, ya sea, con la empresa telefónica de procedencia o con algún servicio de Movistar.
Despachador	
10.1.1	Enviar documentación al departamento de coordinación: si el cliente no contesta se entregará el contrato con su respectivo anexo y planilla de enganche al departamento de coordinación para poder dar de baja la solicitud.
Coordinador	
10.1.2	Pedir solucionar problema: si posee deuda debe cancelarla lo antes posible, para poder coordinar la entrega del servicio.
10.1.3	Verificar Problema.
10.1.4	Dar servicio de baja: pero si no cancela la deuda en un plazo de dos días, se tendrá que dar de baja la venta. Mientras que si el cliente no posee ningún tipo de deudas se podrá hacer entrega del servicio sin problemas.
10.2	Identificar Servicio.
10.2.1	Autorizar entrega de servicio para línea nueva y portabilidad: verificada la solicitud en el aplicativo Unifica, se autoriza al despachador hacer entrega el servicio al cliente.
10.2.2	Enviar código CAP: si el cliente solicita un servicio de prepago (migra), se enviara un código CAP al número de teléfono que portara el cliente. Este código debe enviarse al momento que se recepciona la nómina que envía el despachador.
Despachador	

11	Verificar entregas: se dirigirán personalmente, a través del transporte propio que poseen, a los lugares previamente coordinados con los clientes.
12	Llamar al cliente: se vuelve a llamar al cliente para consultar si se encuentra o no en el lugar que propuso. De encontrarse se dará aviso que en un momento se le entregará su servicio, de no ser así, se vuelve a coordinar la entrega, de preferencia durante el transcurso del día. Y si no contesta en un plazo de dos días se enviara la documentación al departamento de coordinación para dar la venta de baja
13	Llegar al lugar de entrega.
13.1	Solicitar código CAP si es un contrato Migra.
13.2	Enviar código CAP a coordinador.
Coordinador	
13.3	Recepcionar código CAP: el despachador recepcionará el código CAP que le entregará el cliente, para posteriormente enviárselo a su coordinador.
13.4	Avanzar solicitud en aplicativo Unifica.
13.5	Autorizar entrega de servicio migra: verificada la solicitud en el aplicativo Unifica, se autorizara al despachador a hacer entrega del servicio al cliente.
Despachador	
14	Reunir documentación (Servicios y Accesorios): ya en el lugar que estimo el cliente se deberá reunir todo lo necesario para la entrega del servicio al cliente. Antes de ingresar se deberá reunir: ambas copias del contrato, de los anexos y de las boletas, planilla de enganche con la simcard adjunta, equipo (si el servicio lo solicita), tablet y biometría (huella digital).Ingresar a las dependencias del cliente.
15	Tomar tablet.
16	Conectar el sistema de biometría (huella digital) a la tablet.
17	Abrir aplicativo Operador Logistico.
18	Ingresar al aplicativo Operador Logístico: cada despachador posee un usuario y una contraseña que le permiten ingresar al operador logístico.
19	Ingresar Rut del cliente.
20	Ingresar Rut despachador: se ingresara el Rut, para que el operador logístico tenga en su registro quien fue el despachador que entrego el servicio.

21	Ingresar huella digital del despachador: ingresar huella digital a través del sistema biometría.
22	Solicitar huella digital.
22.1	Ingresar huella digital del cliente: el ingreso de la huella del cliente, se debe realizar a través del sistema biometría.
22.2	Ingresar firma del cliente: si el cliente no se encuentra ingresado en el sistema se vera en la obligación de tener que firmar la copia del contrato que recepcionara el despachador. Otro motivo por el cual a veces el cliente se ve en la obligación de tener que firmar el contrato, es cuando el operador logístico no carga o no se encuentra disponible.
23	Recibir y verificar fotocopia de la cédula de identidad: verificar la fotocopia de la cédula de identidad con la cédula de identidad del cliente, donde se verificara que los datos sean los correctos y que la fotocopia de la cédula de identidad sea lo más legible posible.
24	Recibir pago del servicio.
25	Avanzar solicitud: ingresar en la tablet y digitar el Rut del cliente para avanzar la solicitud de la venta.
26	Enviar información a departamento de coordinación.
27	Entregar copias de contrato: ya avanzada la solicitud, se procederá a entregar la copia respectiva del contrato, anexo y boleta al cliente.
28	Entregar servicio.
29	Informar sobre habilitación: se informara al cliente que durante el transcurso de la noche todos los servicios quedaran habilitados, y que a partir del próximo día se podrá hacer uso de estos. Excepto los equipos, ya que la utilización de estos puede ser inmediata.
30	Despedirse del cliente: ya entregado el servicio, se despedirá del cliente y se responderán las consultas que pueden surgir por parte de esté.
31	Realizar nómina de contratos: efectuar una nómina con el resultado de todas las entregas que se realizaron durante el día, ya sean las entregas exitosas como las rechazadas, además de anotar el valor comercial de cada servicio entregado. Se deben realizar tres copias de esta nomina.
32	Entregar nóminas: de las tres copias que se realizan de la nómina de contratos, una debe entregarse al área de coordinación, mientras que las otras dos se

	entregarán al departamento de finanzas con el dinero correspondiente de los servicios que se entregaron. Donde posteriormente el despachador se quedara con una copia de la nómina de contratos firmada por el departamento de finanzas, para poseer un respaldo del trabajo que realizo.
33	Entregar contratos: al departamento de coordinación se deben entregar todas las copias de los contratos que se entregaron, como los que por diversas razones se rechazaron.
34	Fin del proceso.

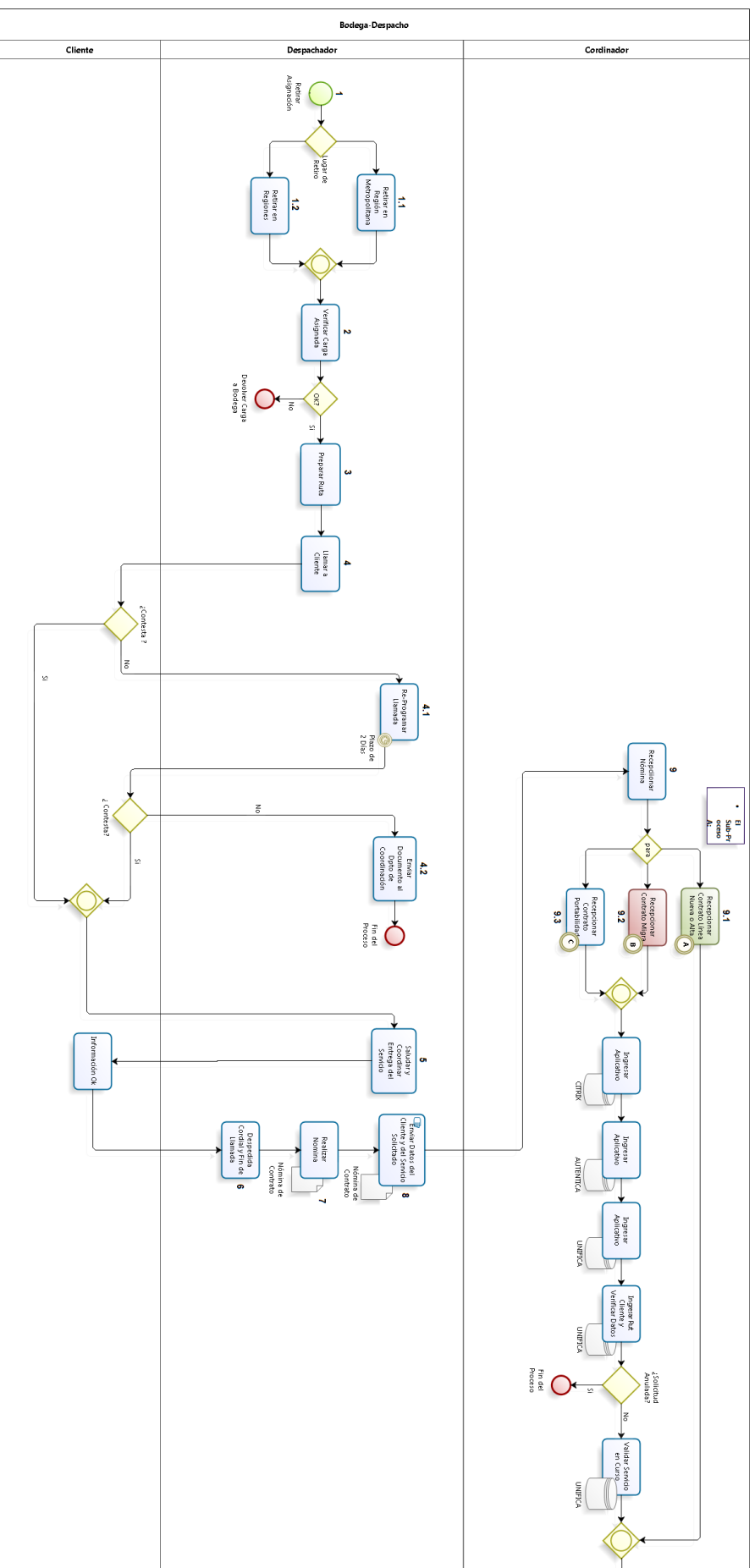


Figura 1.2 – Diagrama del proceso de despacho actual. Pare 1 de 3. Elaboración Propia.

Figura 1.3 – Diagrama del proceso de despacho actual. Parte 2 de 3. Elaboración Propia.

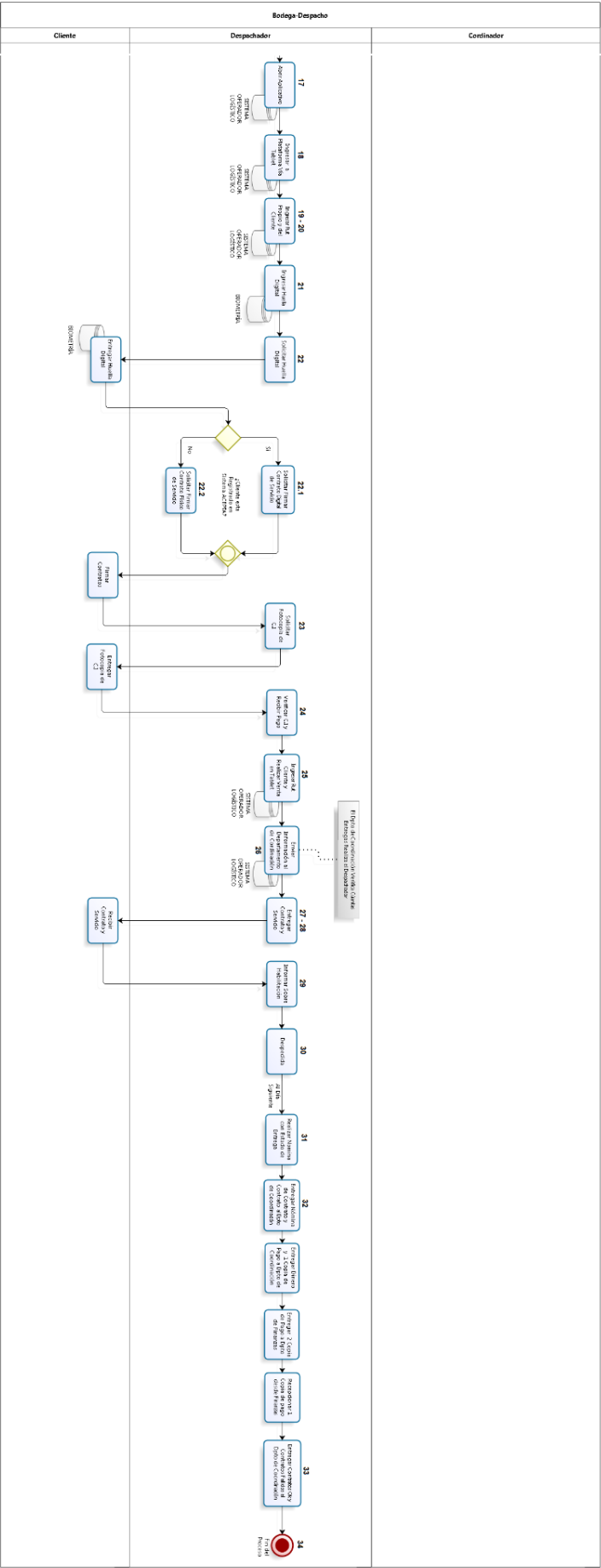


Figura 1.4 – Diagrama del proceso de despacho actual. Parte 3 de 3. Elaboración Propia.

2. Análisis de la Situación Actual y Planteamiento del Problema

2.1 Situación Actual

La empresa Konexia S.A., se encuentra ubicada en la comuna de Ñuñoa, Ciudad de Santiago de Chile, donde a través de su operador logístico logra desarrollar el proceso de venta y despacho de sus productos y servicios tanto en la Región Metropolitana como en el resto del País.

Durante el periodo de Septiembre del año 2015 a Marzo del año 2016 en la R.M, Konexia realiza una asignación de entregas promedio de aproximadamente 6.000 bultos mensuales, lo que representa el 70% de las asignaciones que se realizan a nivel nacional, las cuales se pueden ver sujetas a variaciones dependiendo de la época del año o de ciertas festividades. Del total de 42.426 asignaciones de entrega, existen 35.478 que fueron entregadas exitosamente, mientras que 6.948 no lograron ser entregados por diversas causas.

A continuación se presenta el detalle mensual de las entregas en la R.M.

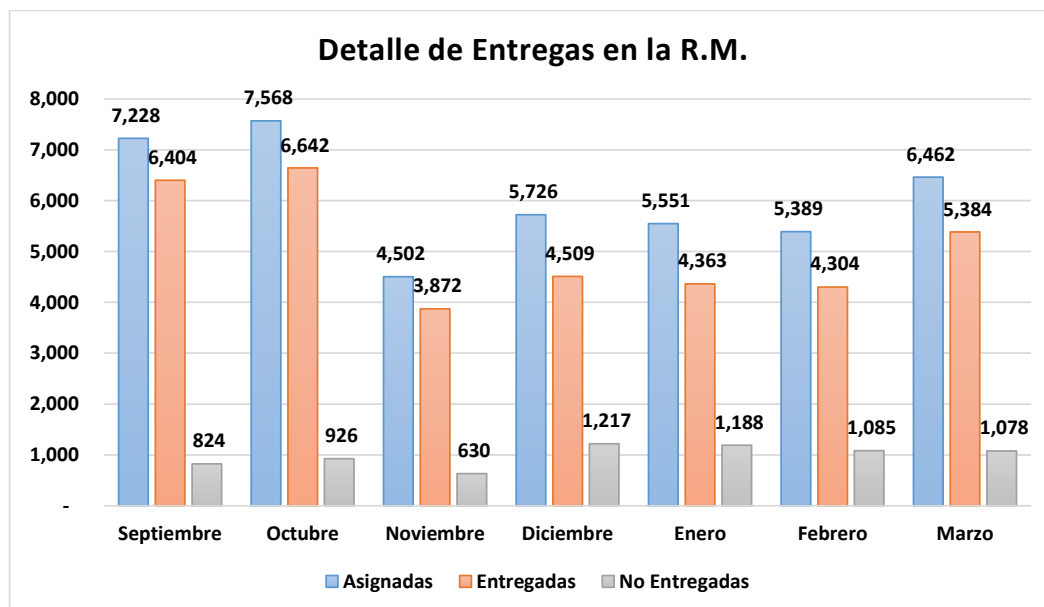


Figura 2.1 – Detalle de las entregas en la R.M durante el período de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016.
Elaboración propia.

En la figura 2.1, se puede observar que las asignaciones no entregadas, varían desde 630 a 1217 durante estos meses. Además se percibe que esta variación no tiene relación con la cantidad de entregas asignadas, ya que, existen meses en los cuales la cantidad de asignaciones es superior a las 7000 bultos y la cantidad de asignaciones no entregadas no superan el valor de 1000 unidades, mientras que por el otro lado, existen meses en los cuales la asignación no supera las 5000 bultos y la cantidad de asignaciones no entregadas superan la cantidad de 1000. Esto permite concluir que existe una gran variedad de causas que provocan que estas entregas no puedan llegar a su destino final, generando un efecto indeseado para la empresa, y que se procederá a identificar más adelante.

2. 2 Análisis de las Causas de no Entrega.

Causas de porque los Bultos no son Entregados en la R.M

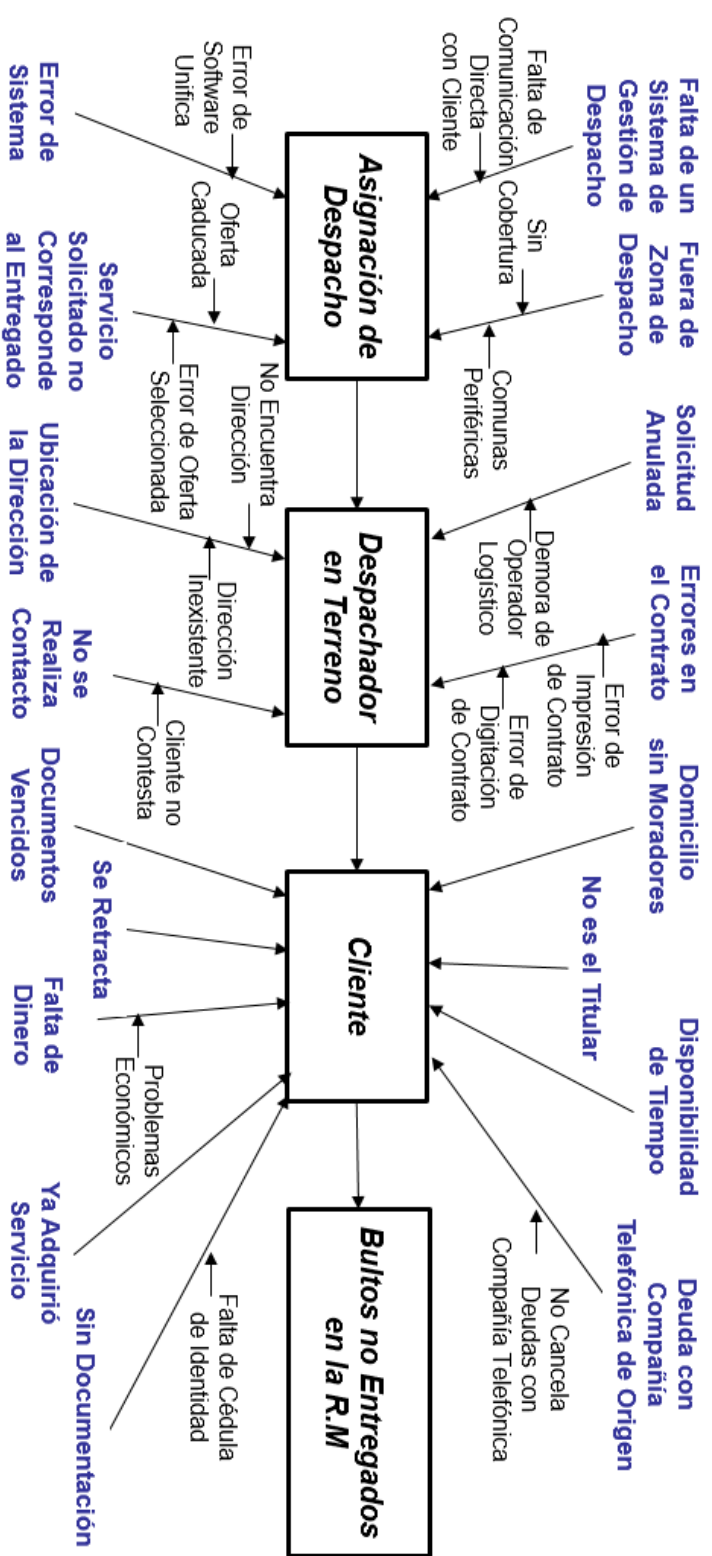


Figura 2.2 – Diagrama de Causa – Efecto. Expone el problema que aqueja a Konexia S.A. Elaboración propia con la información entregada por la empresa.

Durante el periodo de septiembre del año 2015 a marzo del 2016, solo en la Región Metropolitana 6948 asignaciones no lograron ser entregadas exitosamente. Para ilustrar lo que esto significa, se muestra el detalle de las causas de las asignaciones no entregadas en este periodo.

(Sea N= 42426 Asignaciones)

Tabla 2.1 – Detalle de las Causas de las Asignaciones no Entregadas durante el periodo de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016.

Causas	Unidades	% Rechazo v/s N	% Rechazo en Total de Rechazos	% Acumulado
Se Retracia	1924	4.53%	27.69%	27.69%
No se Realiza Contacto	1413	3.33%	20.34%	48.03%
Fuera de Zona de Despacho	976	2.30%	14.05%	62.08%
Disponibilidad de Tiempo	711	1.68%	10.23%	72.31%
Servicio Solicitado no Corresponde al Entregado	533	1.26%	7.67%	79.98%
Error de Sistema	316	0.74%	4.55%	84.53%
Falta de Dinero	202	0.48%	2.91%	87.44%
Sin Documentación	179	0.42%	2.58%	90.01%
Documentos Vencidos	164	0.39%	2.36%	92.37%
Deuda con Compañía Telefónica de Origen	156	0.37%	2.25%	94.62%
Ya Adquirió Servicio	142	0.33%	2.04%	96.66%
Solicitud Anulada	77	0.18%	1.11%	97.77%
Errores en el Contrato	50	0.12%	0.72%	98.49%
Domicilio sin Moradores	45	0.11%	0.65%	99.14%
Ubicación de la Dirección	37	0.09%	0.53%	99.67%
No es el Titular	23	0.05%	0.33%	
Total	6948	16.38%	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.1 Clasificación de las Causas

Las causas que interfirieron en que no se haya logrado la entrega de algunas asignaciones radican en 2 fuentes distintas. Estas fuentes se clasifican en:

- Causas de no entrega provocadas por el cliente: Es acá donde se concentra la mayor cantidad de servicios no entregados y es donde lamentablemente es poco probable inferir para hacer cambiar de opinión al cliente y que adquiera el servicio del cual estaba previamente interesado.
- Causas de no entrega provocadas por Konexia: Las cuales son el centro de este trabajo de título, para lograr disminuir el impacto que esta situación provoca en la empresa y así dar soluciones en la cual se beneficie en términos económicos e imagen corporativa.

Tabla 2.2 - Causas de las Asignaciones no Entregadas provocadas por el Cliente durante el período de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016.

Causas	Unidades	% Rechazo v/s N	% Rechazo en Total de Rechazos	% Acumulado
Se Retracta	1924	4.53%	39.43%	39.43%
No se Realiza Contacto	1413	3.33%	28.95%	68.38%
Disponibilidad de Tiempo	711	1.68%	14.57%	82.95%
Falta de Dinero	202	0.48%	4.14%	87.09%
Ya Adquirió Servicio	142	0.33%	2.91%	90.00%
Sin Documentación	179	0.42%	3.67%	93.67%
Documentos Vencidos	164	0.39%	3.36%	97.03%
Solicitud Anulada	77	0.18%	1.58%	98.61%
Domicilio sin Moradores	45	0.11%	0.92%	99.53%
No es el Titular	23	0.05%	0.47%	100.00%
Total	4880	11.50%	100.00%	

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla 2.2, la cantidad de 4880 asignaciones no entregadas son provocadas por causas que se encuentran directamente relacionadas con el cliente, este valor representa el 70.24 % del total de asignaciones no entregadas durante el periodo de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016, y el 11.50% del total de las entregas asignadas durante el mismo periodo.

Tabla 2.3 - Causas de las Asignaciones no Entregadas provocadas por Konexia durante el período de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016.

Causas	Unidades	% Rechazo v/s N	% Rechazo en Total de Rechazos	% Acumulado
Fuera de Zona de Despacho	976	2.30%	47.20%	47.20%
Servicio Solicitado no Corresponde al Entregado	533	1.26%	25.77%	72.97%
Error de Sistema	316	0.74%	15.28%	88.25%
Deuda con Compañía Telefónica de Origen	156	0.37%	7.54%	95.79%
Errores en el Contrato	50	0.12%	2.42%	98.21%
Ubicación de la Dirección	37	0.09%	1.79%	100%
Total	2068	4.87%	100%	

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla 2.3, 2068 asignaciones no entregadas son provocadas por causas que se encuentran directamente relacionadas con la empresa, este valor representa el 29,76 % del total de asignaciones no entregadas durante el periodo de Septiembre del 2015 a Marzo del 2016, y el 4.87% del total de las entregas asignadas durante el mismo periodo.

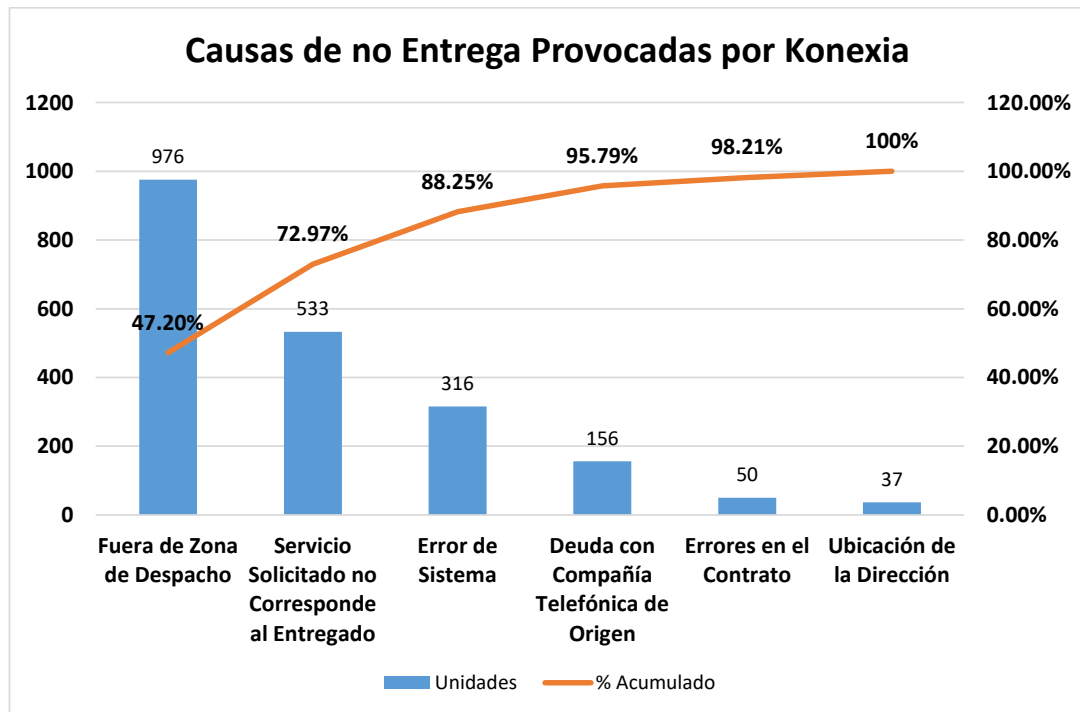


Figura 2.3 – Diagrama de Pareto de las Causas de no Entrega provocadas por Konexia. Elaboración Propia

A través de la figura 2.3, se determina que aproximadamente el 88% de las asignaciones no entregadas (provocadas por Konexia), corresponden a: que la dirección dada por el cliente se encuentra fuera de la zona de despacho, a que el servicio solicitado no corresponde al que se le entrega y, por algún tipo de error que presenta el sistema informático que valida las entregas.

2.2.2 Descripción de las Causas

1. **Se Retracta:** El cliente se retracta de adquirir el servicio solicitado. Este arrepentimiento es informado al despachador en el momento que este se encuentra en el domicilio del cliente.
2. **No se Realiza Contacto:** El cliente no es contactado o ubicado por el despachador al momento que este gestiona la entrega.
3. **Fuera de Zona de Despacho:** El domicilio del cliente se encuentra fuera del área de cobertura de entrega que posee el despachador.
4. **Sin Disponibilidad de Tiempo:** Después de solicitar el servicio, el cliente no cuenta con la disponibilidad de tiempo necesario para coordinar con el despachador la entrega del servicio.
5. **Servicio Solicitado no Corresponde al Entregado:** Como su nombre lo dice, el servicio solicitado por el cliente no corresponde a lo que el despachador entrega. Este error se advierte al momento que el despachador se encuentra en el domicilio del cliente.
6. **Error de Sistema:** Al momento que el despachador se encuentra reunido con el cliente para poder realizar la entrega del servicio que este solicitó, el sistema informático que valida la entrega no funciona o netamente no carga.
7. **Falta de Dinero:** Estando el despachador en el domicilio del cliente, es informado por este, de que no posee el dinero necesario para poder cancelar el servicio solicitado.

8. **Sin Documentación:** El cliente no posee la documentación necesaria para recibir el servicio que el despachador debía entregar.
9. **Documentos Vencidos:** Los documentos solicitados por el despachador para poder validar la entrega se encuentran vencidos.
10. **Deuda con Compañía Telefónica de Origen:** El cliente aún posee deudas con la empresa telefónica de la cual proviene. Este error se advierte al momento que el despachador se encuentra en el domicilio del cliente.
11. **Ya Adquirió Servicio:** El cliente no soporto la espera por la entrega del servicio solicitado y se dirige directamente a una sucursal de Movistar para hacer retiro de este. Lamentablemente este retiro no se informa, y la entrega del servicio por parte del despachador se gestiona de igual manera.
12. **Solicitud Anulada:** La solicitud del servicio es anulada o cancela por parte del cliente, en el momento que el despachador procede a realizar la entrega.
13. **Errores en el Contrato:** Una vez que el cliente lee el contrato entregado por el despachador y encuentra que no está conforme con sus condiciones, procede a cancelar el servicio que solicito en un comienzo.
14. **Domicilio sin Moradores:** El domicilio del cliente se encuentra sin moradores al momento que el despachador desea hacer entrega del servicio.
15. **Ubicación de la Dirección:** El despachador no logra dar con el domicilio entregado por el cliente para hacer entrega del servicio.
16. **No es el Titular:** Cuando el despachador llega al domicilio del cliente y se percató que la persona que lo recibe no es el cliente o titular que solicito el servicio, se retira y no hace entrega de este.

2.3 Planteamiento del Problema

Después de examinar, recolectar y analizar toda la información entregada por la empresa, se puede observar que actualmente la generación de ruta de cada despachador es diseñada por estos mismos, dependiendo de lo tratado con el cliente, coordinando la fecha, el lugar y la hora de entrega. De lo cual se deriva que no existe un plan orientado a optimizar la generación de rutas.

De un total de 42.426 asignaciones no logran ser entregadas 6.948 unidades, representando un 16,38% del total. Las causas que provocan estos rechazos se clasifican en causas de no entregas provocadas por el cliente y provocadas por Konexia. El 70,24% de las asignaciones no entregadas corresponde a las provocadas por el cliente, mientras que el 29,76% a las provocadas por Konexia, siendo estas las que son abordadas en este trabajo.

De las causas de no entrega provocadas por la empresa, la que representa el mayor porcentaje correspondiente a un 47,20% es la de Fuera de la Zona de Despacho, la cual como ya se describió anteriormente indica que el domicilio se encuentra fuera del área de cobertura de entrega que posee el despachador. Además de ser esta una de las tres principales causas de no entrega dentro de la empresa.

A partir de lo anterior es posible señalar que el problema de la empresa radica en que esta no posee un sistema encargado de diseñar la ruta óptima que permita al despachador realizar todas sus entregas, minimizar tiempo, costos y recursos.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de gestión de despacho con el fin de disminuir la cantidad de asignaciones no entregadas en la Región Metropolitana.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los requerimientos del sistema de gestión de despacho.
- Plantear posibles sistemas de gestión de despacho.
- Validar el sistema de gestión de despacho que se utilizara.
- Verificar la magnitud del beneficio que aporta el diseño a la empresa.

3. Marco Teórico

En el siguiente marco teórico se expondrá una investigación bibliográfica referente a trabajos enfocados en problemas en el proceso de despacho de diversas empresas, enfocándose principalmente en su problema, diversas metodologías utilizadas y sus respectivas soluciones.

3.1 Modelo Determinístico

El principal problema que aqueja a esta empresa, la cual, distribuye productos bancarios, específicamente tarjetas de créditos, es la cantidad de productos que permanecen en inventario. A raíz de esto se exponen las dos primeras causas que dan origen al problema:

1. La primera causa, es la llegada de productos recientes y próximos a entregar que diariamente recibe la empresa y que se acumulan en la cadena de inventario.
2. La segunda causa y la más importante, es la cantidad de productos que si bien fueron retirados de inventario para ser distribuidas, la entrega no se ha concretado por diferentes motivos.

Como objetivo principal de esta investigación se plantea maximizar el número de entregas para la empresa a través de la configuración de rutas que se crearan de manera estratégica, para así asegurar la llegada del distribuidor al punto de entrega sin inconvenientes. [Díaz, C., Salas, N. (2015)]

Para el logro de este objetivo se utiliza el algoritmo K – Means Clustering, que consiste en agrupar los distintos puntos de entrega (nodos) a través de clúster (grupos) que poseen un determinado centroide. Para esto los nodos que se encuentren más cercanos a éste, son incorporados, logrando minimizar la distancia que existe al interior del clúster y maximizando la distancia con el resto de los clústeres. Una vez determinados estos, y mediante un modelo matemático, es posible determinar el tiempo generado para cada ruta, utilizando el principio del agente viajero. [Díaz, C., Salas, N. (2015)]

Los resultados obtenidos a partir de la utilización de este modelo determinístico son los siguientes:

1. Se ha determinado teóricamente que a partir de una agrupación previa de los clientes, permite que los tiempos y el costo que existe para llegar de un nodo a otro sean menores comparados al sistema que se utilizaba anteriormente.
2. Se ha determinado de forma práctica que los tiempos involucrados dentro de cada nodo son muy similares a los encontrados en forma teórica, validándose la solución encontrada.
3. Se ha determinado matemáticamente que el activador podrá visitar todos los nodos dentro de su jornada laboral, en base a los antecedentes conocidos.
4. Al conocer el tiempo involucrado por ruta, se puede controlar los gastos en combustible entregados por ruta de forma estrecha.
5. Al tener la opción de realizar nuevas rutas durante el día, se logra abarcar una mayor cantidad de clientes durante un horizonte de tiempo determinado. [Díaz, C., Salas, N. (2015)]

3.2 Sistema Logístico de Distribución Complementada

El problema que presenta esta empresa de distribución de alimentos es que cuenta con dos centros de distribución nacionales ubicados en las ciudades de Yumbo y Barranquilla, los cuales distribuyen el producto hacia un total de siete regionales, desde donde son redistribuidos a los clientes. El costo de distribución de las regionales Centro, Santander y Eje Cafetero es significativamente mayor que en las demás regionales, lo cual disminuye el margen de rentabilidad de la empresa. [Pérez, F., Adela, M. (2011)]

Este trabajo tiene como objetivo proponer un sistema logístico de distribución que permita a la compañía disminuir los costos de almacenamiento y transporte en dichas regionales, contribuyendo a mejorar el margen de rentabilidad y la competitividad de la empresa. [Pérez, F., Adela, M. (2011)]

Es así que para cumplir con este objetivo, se evalúa cada regional por separado, considerando los aspectos relacionados con la organización, los recursos utilizados, los costos y el nivel de servicio ofrecido al cliente. Luego se realiza un Benchmarking de diversos sistemas logísticos de distribución que se utilizan en el país, logrando de esta manera realizar la simulación y planteamiento de diferentes alternativas para cada una de

las tres regionales, obteniendo diversas opciones que ayudaran a la disminución de los costos logísticos de distribución.

1. Regional Eje Cafetero y Central

Opción 1: Solución Mixta

- Despacho directo a los clientes con grandes pedidos desde el centro de distribución n°1.
- Contratación de un operador logístico con plataforma Cross Docking para la distribución de pequeños pedidos.

Opción 2: Operador Logístico para Cross Docking

- Contratación de un operador logístico con la plataforma Cross Docking para la distribución total de esta zona.

2. Regional Santander

Opción 1: Disminución del nivel de inventario

- Disminuir el nivel de inventario de los productos que son despachados desde el centro de distribución n°1 y n°2.

Opción 2: Cambio del operador logístico.

- Contratación de un operador logístico que ofrezca un costo de almacenamiento variable, y que dependa del número de posiciones máximas ocupadas durante un mes. [Pérez, F., Adela, M. (2011)]

La búsqueda de este nuevo sistema logístico de distribución, obtuvo como resultado el planteamiento a la organización de una nueva forma de operar que les permita tener distintas opciones para hacer una distribución. Este nuevo esquema planteado sugiere una negociación a largo plazo con el o los operadores logísticos que operan en las zonas evaluadas, los cuales cuentan con la tecnología necesaria para facilitar y apoyar el seguimiento oportuno de la operación. [Pérez, F., Adela, M. (2011)]

3.3 Simulación Dinámica.

El problema que presenta esta empresa de alimentos en el área de la distribución de sus productos, es generada por la poca adaptación tecnológica que han tenido a través de los años, ya que, con todas las ajustes que han realizado, ya sea, la creación de nuevas rutas, nuevos horarios preferenciales, el incremento en la flota vehicular, el aumento de personal para cubrir las nuevas rutas creadas, etc., no logran satisfacer la demanda que se les solicita. [ESPOL. (2009)]

En este trabajo se tiene como objetivo general, proponer mejoras del diseño actual del proceso de despacho en el centro de distribución de la empresa. Para cumplir con este objetivo, se utilizará el programa computacional Witness, el cual es una herramienta que permitirá simular y modelar un sistema de despacho ideal para este centro, aplicando recursos, tiempos y velocidades. Se caracteriza por ser un programa con la capacidad de poder modelar en tiempo real, permitir visualizar movimientos y distancias. [ESPOL. (2009)]

Los resultados que evidencia la simulación realizada son beneficiosos para el centro de distribución, desprendiéndose las siguientes conclusiones:

1. Con la nueva infraestructura se puede asegurar la mejora en el servicio al cliente a consecuencia del incremento del número de rutas, ya que esto aumenta la capacidad de respuesta a una mayor cantidad de clientes.
2. Como resultado de la simulación, el incremento de toneladas despachadas y números de rutas, originará un incremento en el número de vehículos.
3. Con la nueva instalación se asegura que se puede hacer frente a un incremento de ventas de aproximadamente el 40%.
4. El uso de equipos eléctricos en la producción garantiza que la operación se vuelva más productiva y dinámica, generando mejores resultados y mejorando la velocidad de productividad.
5. Se obtiene una disminución en el índice de accidentabilidad. [ESPOL. (2009)]

3.4 Desarrollo de un Framework

En el caso específico de esta investigación, el problema de ruteo de vehículos es el problema de determinar las mejores rutas y/o asignaciones para la entrega/retiro de bienes/servicios a clientes que están distribuidos geográficamente. [Vásquez, M. (2007)]

Como objetivo principal de esta investigación se plantea desarrollar un framework orientado a objeto de partir del cual se puedan desarrollar aplicaciones de software que resuelvan el problema de ruteo de vehículos de las pequeñas y medianas empresas, que no tienen acceso a software comerciales

Para el logro de este objetivo esta tesis tiene la característica especial que cubre dos áreas medianamente ortogonales que son el “Ruteo de Vehículos” y la “Reusabilidad de Software a través de Frameworks”. Siendo la primera perteneciente al área de la Gestión de Operaciones y la segunda a la ingeniería de Software. [Vásquez, M. (2007)]

Los resultados obtenidos a partir de la utilización de las características que posee este trabajo de investigación son los siguientes:

1. Desarrollo de un framework para el problema de ruteo de vehículos, o sea: esquemas explicativos del dominio, clases de objetos, artefactos UML, código fuente, código fuente de aplicaciones y documentación.
2. Desarrollo de un software que está en condiciones de ser utilizado para un problema específico de distribución.

3.5 Diseño de un Sistema de Ruteo

El problema que se presenta en esta investigación se encuentra orientado en el campo de la gestión de la cadena de suministros y la logística industrial, y es la de optimizar la entrega de productos desde los proveedores hasta los clientes.

El objetivo de esta investigación será el de diseñar un modelo de ruteo de vehículos con múltiples depósitos en empresas de transporte de carga por carretera en Colombia que permita mejorar la eficiencia en el cumplimiento de las métricas de operación del sistema, empleando técnicas metaheurísticas. [Hernández, Y. (2016)]

Para la obtención de este objetivo la metodología propuesta fue denominada Grasp Clustering & Tabu Routing - GC & TR -, la cual se desarrolla en un procedimiento de dos fases, clusterizar primero, rutear después. Para este proceso, se planteó en una primera fase la asignación de los clientes a los depósitos a partir de la metaheurística GRASP y en una segunda fase, se generan las rutas para cada cluster a partir de la metaheurística Búsqueda Tabú. [Hernández, Y. (2016)]

Los resultados obtenidos a partir de la utilización de la metodología Grasp Clustering & Tabu Routing, muestran que el algoritmo se aproxima con un pequeño porcentaje de error a la mejor solución conocida, lo cual indica que la metodología propuesta es apropiada para problemas de distribución propios de las empresas de transporte de carga de carretera.

Tabla 3.1 – Cuadro comparativo de las diversas metodologías descritas en el Marco Teórico

	Problema	Metodología	Resultados
5.1	Acumulación en la cadena de inventario	Modelo Determinístico; Algoritmo K – Means Clustering	Disminución de tiempo, costos y gastos Realización de rutas completa Se abarca una mayor cantidad de clientes
5.2	Costo de distribución de ciertas regionales significativamente mayor que el resto, lo cual disminuye el margen de rentabilidad de la empresa	Sistema Logístico de Distribución Complementada	Diversidad de opciones para una distribución
5.3	Escasa adaptación tecnológica por parte de la empresa	Simulación Dinámica; Withness	Aumenta la capacidad de respuesta a una mayor cantidad de clientes Incremento de toneladas despachadas y números de rutas Se asegura que se puede hacer frente a un incremento de ventas de App. el 40%
5.4	Determinar las mejores rutas para la entrega de bienes o servicios	Desarrollo de un Framework	Desarrollo de un Framework para el problema de ruteo de vehículos. Desarrollo de un Software para problemas específicos de distribución
5.5	Optimización en la entrega de productos desde los proveedores hasta los clientes.	Diseño de un Sistema de Ruteo	Aproximación por parte del algoritmo a la mejor solución conocida

Fuente: Elaboración Propia

A través de la tabla 3.1, la cual compara problemas, metodologías y resultados obtenidos de diversos trabajos relacionados con la distribución de productos y servicios tanto en Chile como en otros países, se puede determinar que la metodología número uno es la que mejor se acomoda al problema que aqueja a Konexia,

Esta metodología se describe como un “Modelo Determinístico: Algoritmo K – Means Clustering”, el cual en términos generales propone una solución a la problemática de despacho de tarjetas de créditos en la quinta región, situación similar al problema con el que cuenta la empresa. Debido a esto, y en vista de los resultados obtenidos en la aplicación de esta metodología, los cuales varían desde una disminución de tiempo, costos y gastos, además de la realización de rutas completas y el despacho de productos a una mayor cantidad de clientes, es que se toma la decisión de utilizar este modelo en el desarrollo de este trabajo.

4. Metodología

4.1 Metodología

La metodología que fue utilizada para el desarrollo de este trabajo de título, se divide en:

- Procesamiento y selección de la información conocida.
- Opción de la forma de agrupamiento.
- Diseño de un modelo matemático.
- Control de la solución obtenida.

4.1.1 Alcance de la Metodología

Además, dentro de la metodología se incluyeron los siguientes antecedentes:

- Se dispone de los datos de 42.426 clientes, durante un periodo de 7 meses, de los cuales solo fueron entregados 35.478 productos.
- La zona de entrega corresponde a toda la Región Metropolitana.
- Se conoce con exactitud el punto de despacho.
- Disponibilidad por parte del cliente para recepcionar el producto.
- Elaboración de rutas diarias para todos los despachadores.
- Diseño de un modelo totalmente determinístico (no se contempla nada al azar).
- Validación de las propuestas de rutas diarias.

4.2 Procesamiento de la Información

Los puntos de entrega para cada cliente se conocen con anterioridad, lo cual permitirá realizar la ubicación de estos puntos en un mapa. Es por esto que con la utilización de la herramienta de Google “Google Maps”, se establecerá la ubicación de estos puntos en un mapa de la Región Metropolitana.



Figura 4.1 – Ilustración de la ubicación de nodos en mapa de la Región Metropolitana.
www.nodoturismorural.com

Esta agrupación de puntos se realizó en función de la variable coordenada, es decir, posición geográfica (latitud y longitud). Esto se aplica para poder tener una orientación de la ubicación de la dirección dentro de un plano.

4.3 Tiempos implicados en el proceso de entrega

La recolección de información indica que un despachador tarda en desplazarse de un lugar (nodo) a otro, un tiempo promedio de 30 minutos. Por lo cual, si se considera una jornada laboral de 8 horas diarias, esto implica que un despachador debería visitar 16 clientes. Sin embargo, la cantidad de clientes atendidos en un día no representa la realidad, esto debido a los siguientes factores: la rendición de las entregas realizadas el día anterior, sumado a que la jornada laboral inicia formalmente a las 9 a.m., lo cual inevitablemente demora su salida en aproximadamente 90 minutos, ya que, debe hacer espera de toda la documentación necesaria para iniciar su jornada.

Otra posible razón es que no existe ninguna fiscalización por parte de la empresa con respecto a la hora en la que se finaliza el proceso de despacho. Desde la perspectiva

de la empresa, pareciera no ser relevante la hora de finalización del despachador para la entrega de productos, solo que estos sean entregados al cliente, ya que, al despachador se le paga entrega exitosa. Sin embargo, desde la perspectiva del despachador, esta situación puede derivar en que, trabaje hasta más tarde, para así poder entregar la mayor cantidad de productos, o sencillamente, trabajar solo media jornada, dejando tácitamente productos pendientes para el día que sigue.

Para ilustrar lo que ocurre en la empresa, se muestra un resumen del levantamiento de algunas entregas que fueron realizadas exitosamente.

Tabla 4.1: Tiempos implicados en la entrega de productos de telefonía móvil.

Etapas	Ciente 1	Ciente 2	Ciente 3	Ciente 4	Ciente 5	Ciente 6
Llegada al lugar de entrega.	27:30	20:21	33:02	10:07	23:50	06:06
Recepción del despachador.	04:43	09:58	01:30	10:10	01:20	03:23
Entrega del producto.	02:59	05:10	02:12	01:33	02:23	04:59
Revisión del producto, contrato, anexos y firmas.	04:26	04:50	01:54	07:15	03:03	04:50
Respuesta de dudas y consultas.	01:00	05:12	03:13	04:40	06:19	02:08

Fuente: Elaboración Propia

Al interior del proceso de entrega se consideraron las principales etapas involucradas, y tal cual como evidencia la tabla 4.1, se puede apreciar que el tiempo involucrado dentro de cada entrega es superior al tiempo entregado por Konexia, el cual tiene una estimación promedio de 30 minutos. Asimismo se visualiza que los tiempos de mayor valor ocurren entre la llegada de un lugar de entrega a otro, llegando incluso en algunos casos a superar los 30 minutos.

Considerando lo anterior, el tiempo involucrado desde que el despachador llega a un cliente, hasta que sale de él, puede ser expresada de la siguiente manera:

Tiempo de Transporte + Tiempo de Servicio = Tiempo del Proceso de Despacho

Esta expresión representa el tiempo involucrado desde un cliente a otro, el cual es denominado *tiempo del proceso de despacho*, donde el tiempo de transporte corresponde al tiempo en trasladarse desde un cliente a otro, mientras que el tiempo de servicio es el

tiempo que el despachador necesita para hacer entrega del producto al cliente, el cual incluye tiempo de presentación, la recepción del cliente, la entrega del producto en sí, revisión del producto y contrato, y resolución de dudas y consultas.

Esta igualdad se puede representar matemáticamente de la siguiente forma:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_i x_{ij}$$

Dónde:

C_i : Corresponde al tiempo del proceso de despacho de un nodo i .

x_{ij} : Variable de decisión, binario, con valor 1 si despachador visita el nodo i luego de j , 0 en caso contrario.

4.3.1 Comparación de la ruta realizada y la ruta obtenida a través de la herramienta Google Maps.

Es preciso generar la ruta realizada y comparar los tiempos involucrados en la ruta, debido a que se desea conocer la seguridad de la herramienta Google Maps. A través de esta herramienta, considerando que funciona en base a la velocidad máxima legal y a la vez a la velocidad recomendada para el tipo de vía, es posible determinar tanto el tiempo que existe entre los distintos nodos, como la distancia involucrada entre ellos. Una forma de agrupar a los clientes según disponibilidad de tiempo que poseen para recibir el producto, es la que denominamos "*ventanas de tiempo*", lo cual permite seleccionar la mejor alternativa, además de cumplir con la meta del despachador de maximizar sus entregas.

Los despachadores dependen de un tiempo limitado para cada entrega, o mejor dicho, ellos desean entregar la mayor cantidad de productos posible, lo cual es un beneficio tanto para ellos como para Konexia. Desde el punto de vista de este, al realizar una mayor cantidad de entregas aumentan sus utilidades. Pero igualmente, al entregar más productos, Konexia aumenta sus utilidades, mantiene la cantidad necesaria de productos en bodega, permaneciendo el menor tiempo posible en el inventario.

La creación de una ruta puede ser realizada de distintas formas, como se muestra a continuación:

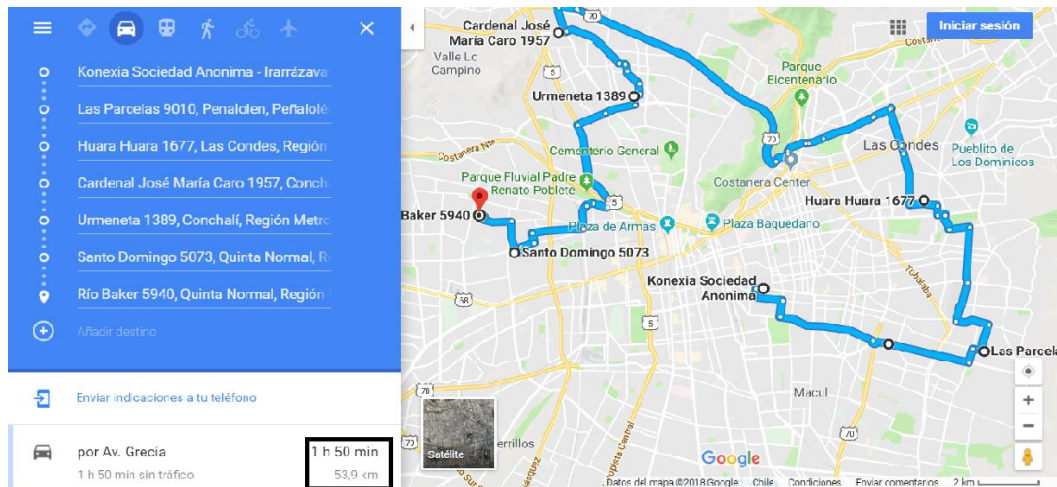


Figura 4.2 – Tiempo de traslado en el despacho de productos. Elaboración Propia

Como se muestra en la figura 4.2, el tiempo de traslado entregado por la herramienta Google Maps corresponde a 1 hora y 50 minutos, período muy cercano al obtenido experimentalmente, el cual fue de 2 horas y 1 minuto. Entonces, si bien se logra cumplir con la entrega de los productos, existe la posibilidad de que se pueda superar el horario de entrega establecido, y lo más importante, aumentar los costos por concepto de combustible. Así pues, esto se verá reflejado por el tiempo implicado en las entregas, lo que implica un costo determinado. Por consiguiente se debe encontrar una forma de congregar un conjunto de clientes que posean características similares en cuanto a ubicación, de forma que permita el despacho del producto, como también proponer la mejor ruta, ya sea, en términos de tiempo y de costos.

Además debe considerarse si el despachador comienza la ruta de despacho desde la bodega de Konexia o no, como también si es necesario que deba llegar al nodo de inicio una vez finalizadas las entregas. Este detalle es muy importante, debido a que si inicia su ruta desde la bodega de Konexia y termina en ella misma, genera un costo el cual excede el presupuesto establecido. Por otro lado, si al momento de iniciar su ruta el despachador se encuentra en la bodega de Konexia o nodo más cercano a él, los costos de transporte involucrados se verían reducidos significativamente.

Asimismo, si un despachador debe realizar una ruta hacia una de las comunas periféricas de la Región Metropolitana, y el sujeto que realiza dicha ruta tiene domicilio en las proximidades de aquella, carecería de sentido práctico, dirigirse a las dependencias de

la bodega de Konexia para retirar su conjunto de productos. En estas situaciones, cuando el despachador culmina su ruta el día previo a estas rutas periféricas, debe volver a la bodega de Konexia para retirar los productos pertenecientes a la ruta del día siguiente y realizarla desde el nodo más cercano al que se encuentre, ya que de esta manera se reducen considerablemente los costos de transporte. Esto en términos generales favorece al despachador, ya que le permite culminar su ruta lo antes posible y asimismo realizar una mayor cantidad de entregas.

4.4 Utilización de K-Means como método de agrupación

4.4.1 Creación de Clústers

Antes de crear la ruta, el primer paso que se debe realizar para comenzar la entrega de productos a los clientes, es la agrupación de estos en el mapa. La proximidad que exista entre los diversos clientes, proporcionará lugar a la formación de clúster (grupos), los cuales posteriormente deberán ser visitados por los despachadores de Konexia. Será necesario formar clústers con una cantidad de nodos de tal manera que un despachador sea capaz de satisfacer aquella demanda, en un día laboral.

El concepto de clustering (agrupamiento), consiente en hallar elementos con características similares.

Para iniciar la agrupación de clientes en relación a su proximidad, se obtienen las coordenadas de longitud y latitud de todos ellos a través de la herramienta Google Maps. De esta forma, se trabajará con dos variables para encontrar la distancia cartesiana entre cada nodo y el centroide del clúster.

Tabla 4.2: Localización de clientes, en función de su longitud y latitud.

Cliente	Latitud (X)	Longitud (Y)	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
1	-33.417112	-70.565369	Cristóbal Colón 6023, Las Condes
2	-33.408944	-70.556614	Hernando de Magallanes 153, Las Condes
3	-33.435450	-70.557129	Carlos Dickens 2133, La Reina
4	-33.451851	-70.539662	Chonchi 24, La Reina
5	-33.432155	-70.667765	Maturana 1198, Santiago
6	-33.441323	-70.672914	Huérfanos 2698, Santiago
7	-33.481063	-70.672571	Tartini 2629, Pedro Aguirre Cerda
8	-33.494986	-70.689265	Plano Regulador 3904, Pedro Aguirre Cerda
9	-33.491811	-70.714309	Los Almendros 6164, Los Cerrillos, Cerrillos
10	-33.499202	-70.750415	El Greco 567, Maipú
11	-33.472828	-70.752099	Ing Roberto Llona 5170, Maipú
12	-33.458720	-70.743258	Las Gárgolas 7428, Pudahuel
13	-33.446976	-70.735104	Marcos Maturana 7201, Lo Prado
14	-33.428998	-70.723174	Río Baker 6360, Cerro Navia
15	-33.398478	-70.679615	Costa Rica 3409, Conchalí
16	-33.563594	-70.676758	Mariano Latorre 11739, El Bosque
17	-33.575608	-70.670213	La Serena 717, El Bosque
18	-33.582580	-70.645709	Los Limoneros 12910, La Pintana
19	-33.586008	-70.602868	Sagasca 1860, Puente Alto
20	-33.535155	-70.581625	Venezuela 8866, La Florida
21	-33.521912	-70.648624	Sta Clara 977, La Cisterna
22	-33.493340	-70.604795	Avenida Monsenor Carlos Casanueva 2731, Macul
23	-33.483032	-70.640500	Av. Sta. Rosa 3090, San Joaquín
24	-33.459650	-70.599154	José Domingo Cañas 2951, Ñuñoa
25	-33.451630	-70.641726	Carmen 648, Santiago
26	-33.438738	-70.595892	Av. Luis Thayer Ojeda 2396, Providencia
27	-33.430429	-70.623530	Eliodoro Yañez 810, Providencia
28	-33.538962	-70.556560	Rojas Magallanes 3187, La Florida
29	-33.481237	-70.549460	El Valle 8095, Penalolén, Peñalolén
30	-33.571964	-70.565597	Cerro Alavado 1498, Puente Alto

Fuente: Elaboración Propia

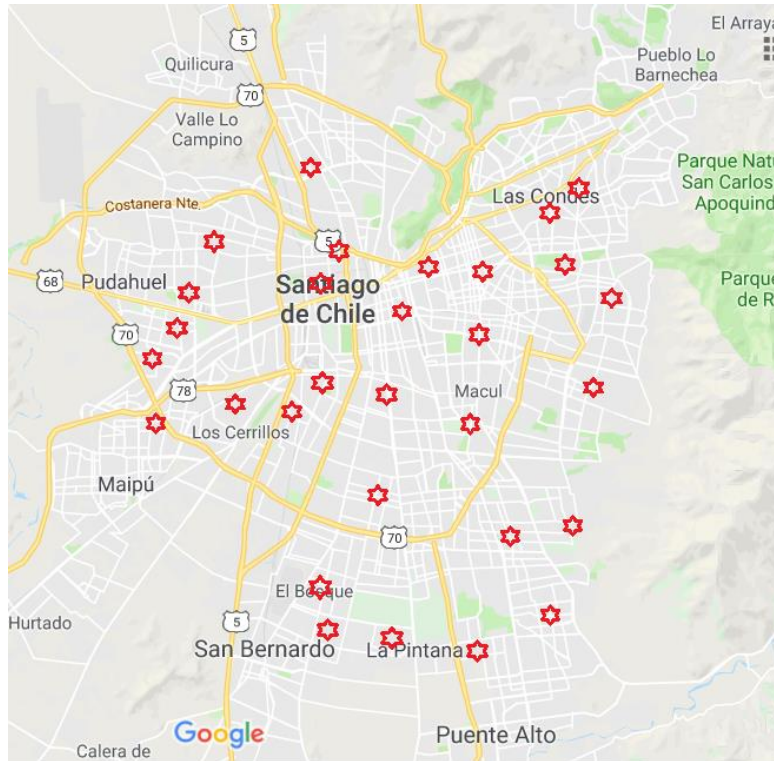


Figura 4.3 – Ubicación geográfica de los clientes a visitar. Elaboración Propia

Ilustrando el funcionamiento del algoritmo, se toma la determinación de crear dos clúster. Por lo tanto, se deben seleccionar dos nodos como centroides iniciales, los cuales permitirán iniciar el proceso de agrupamiento.

En este caso, se seleccionaron los nodos número 15 y 20 para iniciar las iteraciones, ya que estos, son los nodos que se ubican en el extremo superior e inferior del mapa.

Tabla 4.3: Localización de clientes 15 y 20, en función de su longitud y latitud.

Cliente	Latitud (X)	Longitud (Y)	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
15	-33.398478	-70.679615	Costa Rica 3409, Conchalí
20	-33.535155	-70.581625	Venezuela 8866, La Florida

Fuente: Elaboración Propia

Sin importar el nodo inicial que se utilizará, y si los puntos no modifican su posición, ni tampoco su número, los nodos (clientes) que posean cada clúster no cambiarán, solo producirán que el número de iteraciones aumente o disminuya. Las imágenes de la comprobación de nodos agrupados por clúster se encuentran anexadas a esta memoria (Anexo C: Comprobación de nodos agrupados por clúster, mediante variación del centroide inicial).

A continuación se deberá calcular la distancia existente entre cada nodo, y cada uno de los centroides iniciales que se utilizarán (nodos 15 y 20), de la siguiente forma:

$$d_E(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Donde:

dE: Distancia cartesiana entre el punto P1 y P2.

(x1 , y1): Coordenadas de latitud y longitud correspondientes al punto P1 (Nodo 1).

(x2 , y2): Coordenadas de latitud y longitud correspondientes al punto P2 (Nodo 2).

Ya que el modelo se fundamenta en el agrupamiento, y no en el recorrido en términos de la distancia de los nodos, se considerará el cálculo de la distancia euclidiana como el algoritmo de agrupamiento. De esta manera, la distancia existente desde cada nodo hasta los centroides 15 y 20, los cuales conforman el clúster 1 y clúster 2 respectivamente, queda indicada de esta forma:

Tabla 4.4: Distancia existente desde cada nodo hasta los centroides 15 y 20

Cliente	Clúster 1 (Nodo 15)	Clúster 2 (Nodo 20)
1	0.11575567	0.11915707
2	0.12344547	0.12866533
3	0.12794432	0.10267006
4	0.14978491	0.09327620
5	0.03570102	0.13427248
6	0.04336586	0.13091266
7	0.08288486	0.10581644
8	0.09698926	0.11489090
9	0.09957270	0.13958419
10	0.12311768	0.17257660
11	0.10383570	0.18151044
12	0.08763293	0.17879468
13	0.07369590	0.17700661
14	0.05318700	0.17693340
15	0	0.16817444
16	0.16514072	0.09929282
17	0.17737935	0.09738726
18	0.18719819	0.07972383
19	0.20262676	0.05511164
20	0.16817444	0
21	0.12726506	0.06829526
22	0.12081735	0.04780526
23	0.09316309	0.07863252
24	0.10107416	0.07751304
25	0.06527413	0.10290071
26	0.09289999	0.09746684
27	0.06454761	0.11279878
28	0.18675730	0.02535246
29	0.15423805	0.06278326
30	0.20759937	0.04014722

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4.4 se puede observar que la distancia que existe del nodo 15 al centroide del clúster 1, al igual que la distancia del nodo 20 al centroide del clúster 2, es cero. Esto se produce debido a que los nodos 15 y 20, corresponden respectivamente a los centroides de cada clúster. Estos centroides variaran de manera que comiencen a realizarse iteraciones, hasta lograr una cantidad equitativa de nodos en cada clúster.

Una vez conocidas las distancias nodo – centroide, se identifica cual presenta un menor tamaño, y se procede a clasificar cada uno de los nodos y determinar a qué clúster debe pertenecer.

Tabla 4.5: Clasificación de cada nodo entre los clúster 1 y 2, en relación a su cercanía con cada centroide.

Cliente	Clúster 1 (Nodo 15)	Clúster 2 (Nodo 20)	Asignación
1	0.11575567	0.11915707	Clúster 1
2	0.12344547	0.12866533	Clúster 1
3	0.12794432	0.10267006	Clúster 2
4	0.14978491	0.09327620	Clúster 2
5	0.03570102	0.13427248	Clúster 1
6	0.04336586	0.13091266	Clúster 1
7	0.08288486	0.10581644	Clúster 1
8	0.09698926	0.11489090	Clúster 1
9	0.09957270	0.13958419	Clúster 1
10	0.12311768	0.17257660	Clúster 1
11	0.10383570	0.18151044	Clúster 1
12	0.08763293	0.17879468	Clúster 1
13	0.07369590	0.17700661	Clúster 1
14	0.05318700	0.17693340	Clúster 1
15	0	0.16817444	Clúster 1
16	0.16514072	0.09929282	Clúster 2
17	0.17737935	0.09738726	Clúster 2
18	0.18719819	0.07972383	Clúster 2
19	0.20262676	0.05511164	Clúster 2
20	0.16817444	0	Clúster 2
21	0.12726506	0.06829526	Clúster 2
22	0.12081735	0.04780526	Clúster 2
23	0.09316309	0.07863252	Clúster 2
24	0.10107416	0.07751304	Clúster 2
25	0.06527413	0.10290071	Clúster 1
26	0.09289999	0.09746684	Clúster 1
27	0.06454761	0.11279878	Clúster 1
28	0.18675730	0.02535246	Clúster 2
29	0.15423805	0.06278326	Clúster 2
30	0.20759937	0.04014722	Clúster 2

Clúster 1	1 - 2 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 -13 - 14 - 15 - 25 - 26 -27
Clúster 2	3 - 4 - 16 - 17 - 18 - 19 -20 - 21 -22 - 23 - 24 - 28 - 29 -30

Fuente: Elaboración Propia

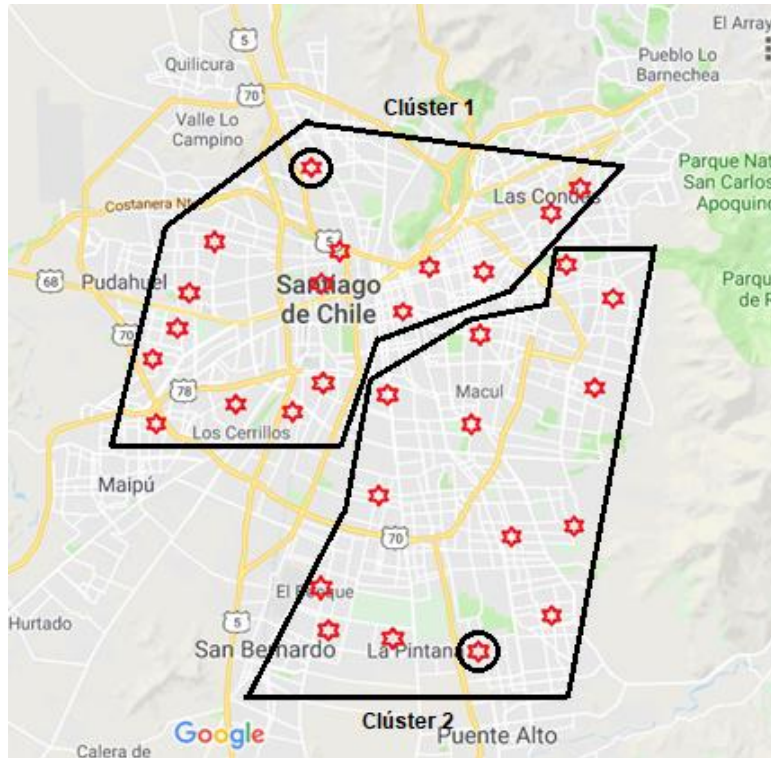


Figura 4.4 –Clúster desarrollados a partir de la iteración n°1. Elaboración Propia

El siguiente paso, consiste en calcular el valor promedio de todos los nodos de cada clúster. El valor de la media aritmética de la latitud (x) y la longitud (y) de cada clúster corresponderán a las nuevas coordenadas espaciales de los nuevos centroides asociados a cada clúster.

Tabla 4.6: Ubicación espacial de los centroides generados en la primera iteración para los clúster 1 y clúster 2

	Latitud (X)	Longitud (Y)
Clúster 1	-33.4495871	-70.6739763
Clúster 2	-33.5200245	-70.6027610

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se procede a repetir el paso anterior, calculando la distancia de cada uno de los nodos con los nuevos valores de los centroides calculados, y reasignando, si corresponde, los nodos a su clúster respectivo.

Tabla 4.7: Reasignación de nodos a un nuevo clúster, por actualización de centroides

Cliente	Clúster 1	Clúster 2	Asignación
1	0.11335857	0.10949495	Clúster 2
2	0.12420047	0.12028476	Clúster 2
3	0.11769935	0.09609956	Clúster 2
4	0.13433333	0.09289300	Clúster 2
5	0.01850558	0.10930036	Clúster 1
6	0.00833205	0.10542945	Clúster 1
7	0.03150729	0.07994645	Clúster 1
8	0.04790417	0.09005481	Clúster 1
9	0.05839171	0.11506067	Clúster 1
10	0.09112916	0.14911499	Clúster 1
11	0.08150647	0.15661848	Clúster 1
12	0.06988112	0.15328943	Clúster 1
13	0.06118349	0.15116466	Clúster 1
14	0.05333224	0.15094739	Clúster 1
15	0.05141918	0.14380573	Clúster 1
16	0.11404087	0.08587117	Clúster 2
17	0.12607711	0.08740308	Clúster 2
18	0.13596381	0.07587965	Clúster 2
19	0.15384101	0.06598359	Clúster 2
20	0.12589927	0.02599351	Clúster 2
21	0.07663963	0.04590182	Clúster 2
22	0.08185576	0.02676191	Clúster 2
23	0.04732043	0.05284579	Clúster 1
24	0.07549591	0.06048215	Clúster 2
25	0.03231489	0.07871518	Clúster 1
26	0.07883433	0.08157621	Clúster 1
27	0.05396161	0.09197122	Clúster 1
28	0.14756170	0.04993157	Clúster 2
29	0.12847574	0.06592015	Clúster 2
30	0.16346919	0.06386607	Clúster 2

Clúster 1	5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 -13 - 14 - 15 - 23 - 25 - 26 -27
Clúster 2	1 – 2 - 3 - 4 - 16 - 17 - 18 - 19 -20 - 21 -22 - 24 - 28 - 29 -30

Fuente: Elaboración Propia

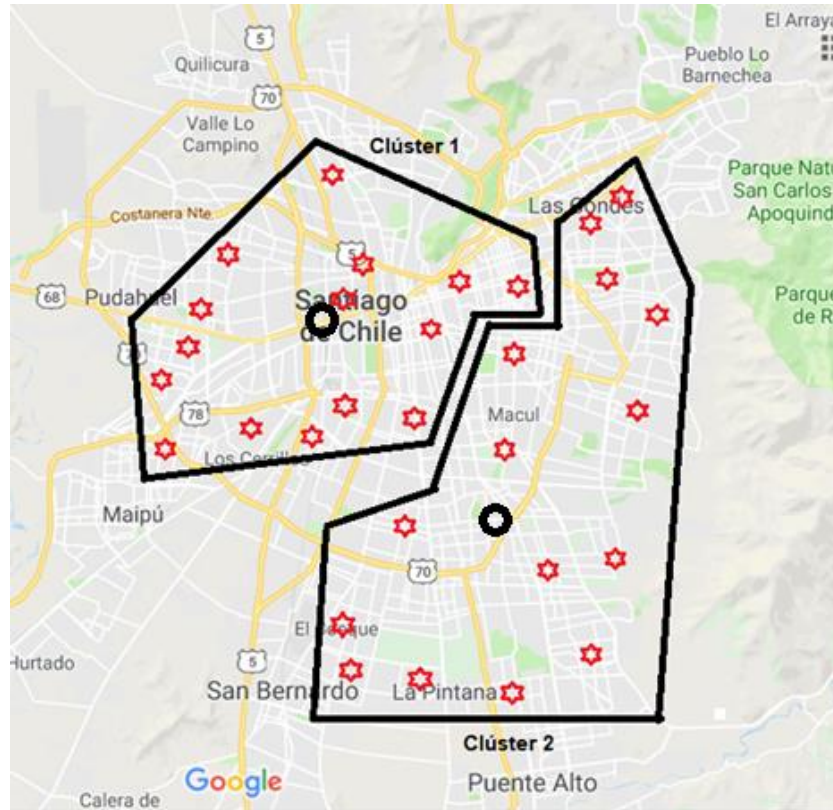


Figura 4.5 –Clúster desarrollados a partir de la iteración n°2. Elaboración Propia

De la misma manera, continúan las iteraciones, con las cuales, el centroide de cada clúster va variando de posición, producto de la eliminación y/o suma de nodos a cada clúster. Las iteraciones continuarán hasta que la diferencia que presentan los clúster sea muy leve, o cero, siendo criterio del encargado fijar los grupos y la cantidad de iteraciones que se realizaran.

4.4.2 Aspectos del proceso de agrupamiento de clientes

La creación de clúster, inicia al seleccionar de forma aleatoria, una cantidad de nodos similar a la cantidad de grupos que se desean formar. Cada uno de estos grupos se representa por la línea que cerca los conjuntos de nodos, donde el centroide, queda identificado por el círculo que rodea dicha localización. Entonces, en la medida en que se van realizando iteraciones, los nodos van variando de posiciones, ya sea entrando, o bien,

saliendo de cada clúster. De este modo, se vuelve a calcular la ubicación del nuevo centroide, en función de los nuevos nodos que se obtienen.

La iteración inicial, corresponde al agrupamiento básico, y a su vez, el más inexacto de todo el proceso. Esto ocurre, porque es la única etapa del proceso iterativo en donde los centroides corresponden a nodos del problema. Mientras tanto, las iteraciones siguientes, originan centroides que no concuerdan con ningún nodo del problema, sino que, son locaciones con coordenadas diferentes, que permiten de mejor manera ajustar el centro real de cada clúster.

Es posible determinar una condición para establecer cuando terminar con el proceso iterativo. Esto ocurre cuando en las últimas iteraciones no se observan cambios relevantes, lo que deviene en la detención de dichas iteraciones, dando inicio al trabajo con clúster formados.

Ya formados los distintos grupos de clientes en función de su proximidad, es posible comenzar a establecer rutas para cada uno de ellos. Considerando el tiempo promedio de entrega de los productos por parte de los despachadores, se determinan la cantidad de nodos que deberá poseer cada clúster para dar solución del problema, certificando que el despachador tendrá el tiempo suficiente para visitar todos los nodos que conforman el clúster, y así, entregar todos los productos dentro del horario establecido en su jornada laboral.

Si bien la mayoría de los nodos se encuentran cercanos entre sí, no se puede asegurar con certeza que el despachador podrá visitar todos los nodos que le fueron asignados en su ruta. Es por esto, que se debe definir la variable que refleje de la mejor manera posible la solución al problema que aqueja a Konexia, considerando ciertos factores. Una muestra de ello es que el despachador puede dirigirse a un nodo que se encuentra a una distancia alejada en comparación de otro, pero dicha distancia, pueda ser recorrida en un par de minutos. Mientras que por otro lado el mismo despachador puede dirigirse a un nodo próximo a su ubicación y pueda tardar un tiempo mayor. Debido a que el tiempo no es un variable que permita medir de manera correcta la distancia existente entre nodos, la variable considerada para formular el modelo será en función de la distancia a través de las calles, exactamente en kilómetros.

Para términos de cálculos, el tiempo de servicio será de 15 minutos, el cual corresponde al tiempo promedio de servicio que demora la atención de cada cliente, propio

del cálculo promedio de las entregas realizadas por Konexia en el periodo de septiembre del 2015 a marzo del 2016. Asimismo, un aumento en la ventana de tiempo, es un tramo de tiempo establecido por la empresa. Pero para consecuencias del caso, este tiempo se incluirá dentro del tiempo de servicio.

De tal manera, en base de todas las consideraciones mencionadas anteriormente y fundándose en datos fidedignos de la empresa, el paso consecutivo es determinar la distancia a través de las calles que existe entre cada nodo. Para esto se utiliza la herramienta de Google, “Google Maps”, la cual entregará la distancia de traslado que recorrerá el despachador, además de conocer el tiempo de traslado entre nodos.

Es así como en la tabla 4.8 se muestra una diversidad de nodos que serán utilizados para ser localizados geográficamente, y de esta manera poder conocer la distancia en kilómetros que existe entre cada cliente.

Tabla 4.8: Identificación de los Nodos

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
1	Cristóbal Colón 6023, Las Condes
2	Hernando de Magallanes 153, Las Condes
3	Carlos Dickens 2133, La Reina
4	Chonchi 24, La Reina
5	Maturana 1198, Santiago
6	Huérfanos 2698, Santiago
7	Tartini 2629, Pedro Aguirre Cerda
8	Plano Regulador 3904, Pedro Aguirre Cerda
9	Los Almendros 6164, Los Cerrillos, Cerrillos
10	El Greco 567, Maipú
11	Ing Roberto Llona 5170, Maipú
12	Las Gárgolas 7428, Pudahuel
13	Marcos Maturana 7201, Lo Prado
14	Río Baker 6360, Cerro Navia
15	Costa Rica 3409, Conchalí
16	Mariano Latorre 11739, El Bosque
17	La Serena 717, El Bosque
18	Los Limoneros 12910, La Pintana
19	Sagasca 1860, Puente Alto
20	Venezuela 8866, La Florida

Fuente: Elaboración Propia



Figura 4.6 – Ubicación e identificación geográfica de los clientes a visitar. *Elaboración Propia*

Tabla 4.9: Resumen de tabla asociada a la distancia en kilómetros de nodo a nodo

Nodo I/J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	1.9	3.0	5.9	10.5	11.6	20.7	24.3	25.5	30.4	33.0	26.8	23.1	22.5	14.2	24.6	25.4	24.4	22.4	15.7
2	1.9	0	3.4	6.1	13.2	15.1	20.0	24.4	25.6	31.5	33.7	26.9	23.2	22.6	16.1	26.7	27.5	27.0	24.5	17.6
3	3.0	3.4	0	3.4	12.2	13.3	24.7	26.6	28.2	29.2	31.7	36.4	25.8	20.9	20.2	23.3	24.2	23.1	21.2	14.5
4	5.9	6.1	3.4	0	14.4	15.3	26.6	26.2	28.4	28.8	31.4	38.4	30.6	23.1	22.2	23.0	23.8	22.8	20.8	14.1
5	10.5	13.2	12.2	14.4	0	1.8	9.5	9.9	9.9	15.1	16.1	10.0	7.3	5.8	4.4	19.7	20.6	26.8	25.7	24.2
6	11.6	15.1	13.3	15.3	1.8	0	5.9	9.5	8.3	12.3	9.2	8.6	6.5	6.5	5.9	17.8	18.7	24.9	23.8	22.3
7	20.7	20.0	24.7	26.6	9.5	5.9	0	3.1	5.5	9.9	11.0	10.4	9.5	9.9	11.9	12.5	13.2	22.4	20.0	12.7
8	24.3	24.4	26.6	26.2	9.9	9.5	3.1	0	4.7	9.6	11.4	12.9	9.9	10.3	13.1	11.9	12.6	19.6	17.9	14.5
9	25.5	25.6	28.2	28.4	9.9	8.3	5.5	4.7	0	4.8	8.0	6.5	7.3	10.7	14.5	13.0	13.8	21.5	19.1	17.6
10	30.4	31.5	29.2	28.8	15.1	12.3	9.9	9.6	4.8	0	4.4	6.4	7.3	15.9	19.7	13.1	14.0	18.2	19.3	17.8
11	33.0	33.7	31.7	31.4	16.1	9.2	11.0	11.4	8.0	4.4	0	2.8	5.2	12.5	21.0	17.5	18.3	22.6	23.6	22.1
12	26.8	26.9	36.4	38.4	10.0	8.6	10.4	12.9	6.5	6.4	2.8	0	2.2	5.6	14.2	18.4	19.2	23.5	24.5	24.1
13	23.1	23.2	25.8	30.6	7.3	6.5	9.5	9.9	7.3	7.3	5.2	2.2	0	2.9	10.9	19.4	20.3	24.5	25.5	26.8
14	22.5	22.6	20.9	23.1	5.8	6.5	9.9	10.3	10.7	15.9	12.5	5.6	2.9	0	7.0	21.6	22.5	26.7	27.8	26.2
15	14.2	16.1	20.2	22.2	4.4	5.9	11.9	13.1	14.5	19.7	21.0	14.2	10.9	7.0	0	22.3	23.1	27.3	28.4	24.1
16	24.6	26.7	23.3	23.0	19.7	17.8	12.5	11.9	13.0	13.1	17.5	18.4	19.4	21.6	22.3	0	2.0	4.9	9.1	11.9
17	25.4	27.5	24.2	23.8	20.6	18.7	13.2	12.6	13.8	14.0	18.3	19.2	20.3	22.5	23.1	2.0	0	3.3	7.8	12.4
18	24.4	27.0	23.1	22.8	26.8	24.9	22.4	19.6	21.5	18.2	22.6	23.5	24.5	26.7	27.3	4.9	3.3	0	4.7	12.1
19	22.4	24.5	21.2	20.8	25.7	23.8	20.0	17.9	19.1	19.3	23.6	24.5	25.5	27.8	28.4	9.1	7.8	4.7	0	9.2
20	15.7	17.6	14.5	14.1	24.2	22.3	12.7	14.5	17.6	17.8	22.1	24.1	26.8	26.2	24.1	11.9	12.4	12.1	9.2	0

Fuente: Elaboración Propia

La diagonal de esta matriz posee valores igual a cero, producto de que la distancia de transporte de un nodo a él mismo es nulo.

Simultáneamente se puede obtener el tiempo de traslado en vehículo que existe desde un nodo a otro gracias a las opciones de medio de transporte que presenta Google Maps

Tabla 4.10: Resumen de tabla asociada al tiempo de transporte en minutos de nodo a nodo

Nodo I/J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	4	6	14	16	19	23	23	27	28	26	28	27	23	17	28	30	28	24	25
2	5	0	8	14	18	21	25	25	29	30	28	30	28	25	19	32	34	32	27	29
3	6	7	0	11	22	24	29	28	30	28	32	33	32	28	22	28	31	27	22	24
4	15	14	9	0	25	28	28	26	28	26	30	33	35	32	25	26	28	26	21	22
5	21	18	24	28	0	9	14	14	18	19	18	20	16	13	8	21	24	26	22	18
6	22	21	23	30	6	0	12	13	18	19	19	16	15	14	12	23	26	28	24	19
7	23	23	26	30	13	13	0	6	11	14	18	16	16	16	14	18	21	24	19	14
8	26	27	28	27	16	17	8	0	11	10	14	17	17	17	18	16	18	21	16	13
9	28	28	32	32	17	15	10	9	0	13	14	15	17	18	20	21	24	25	21	19
10	29	31	30	31	21	21	17	13	11	0	10	13	15	19	22	19	21	23	18	17
11	29	31	30	31	21	20	15	13	12	8	0	10	12	18	21	19	21	24	20	18
12	31	29	33	36	22	18	19	19	16	13	10	0	8	14	20	25	27	29	24	23
13	30	30	33	38	17	16	16	16	17	16	12	7	0	8	22	27	29	31	26	25
14	25	25	29	34	13	15	15	15	20	21	17	14	9	0	15	27	29	31	26	26
15	20	19	23	28	8	12	15	15	19	21	20	20	18	17	0	23	27	29	25	20
16	30	33	30	31	23	23	19	18	19	17	21	24	26	26	24	0	7	12	17	15
17	32	37	32	34	26	26	22	21	22	18	24	26	29	30	27	6	0	9	15	18
18	28	32	29	30	27	28	24	23	24	22	26	30	31	31	29	11	10	0	9	17
19	25	29	25	27	25	25	21	20	22	19	23	26	28	28	26	17	15	10	0	17
20	27	30	27	28	21	20	15	14	20	17	21	25	26	26	21	15	18	19	17	0

Fuente: Elaboración Propia

Una de las principales ventajas que posee la herramienta Google Maps, es que al momento de generar una ruta agrega el factor “congestión” dentro de los resultados, entregando la mejor ruta para poder movilizarse dentro de la ciudad. Esto permite que los resultados entregados sean más exactos.

Al instante de instaurar la matriz final es necesario adicionar el tiempo involucrado que le toma al despachador comenzar sus actividades desde las instalaciones de la empresa.

La siguiente tabla muestra los tiempos de transporte más el tiempo de servicio, el cual correspondía a 15 minutos, obteniendo el siguiente resultado.

Tabla 4.11: Tiempo total en minutos involucrado en el proceso de visitar cada nodo

Nodo I/J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	19	21	29	31	34	38	38	42	43	41	43	42	38	32	43	45	43	39	40
2	20	0	23	29	33	36	40	40	44	45	43	45	43	40	34	47	49	47	42	44
3	21	22	0	26	37	39	44	43	45	43	47	48	47	43	37	43	46	42	37	39
4	30	29	24	0	40	43	43	41	43	41	45	48	50	47	40	41	43	41	36	37
5	36	33	39	43	0	24	29	29	33	34	33	35	31	28	23	36	39	41	37	33
6	37	36	38	45	21	0	27	28	33	34	34	31	30	29	27	38	41	43	39	34
7	38	38	41	45	28	28	0	21	26	29	33	31	31	31	29	33	36	39	34	29
8	41	42	43	42	31	32	23	0	26	25	29	32	32	32	33	31	33	36	31	28
9	43	43	47	47	32	30	25	24	0	28	29	30	32	33	35	36	39	40	36	34
10	44	46	45	46	36	36	32	28	26	0	25	28	30	34	37	34	36	38	33	32
11	44	46	45	46	36	35	30	28	27	23	0	25	27	33	36	34	36	39	35	33
12	46	44	48	51	37	33	34	34	31	28	25	0	23	29	35	40	42	44	39	38
13	45	45	48	53	32	31	31	31	32	31	27	22	0	23	37	42	44	46	41	40
14	40	40	44	49	28	30	30	30	35	36	32	29	24	0	30	42	44	46	41	41
15	35	34	38	43	23	27	30	30	34	36	35	35	33	32	0	38	42	44	40	35
16	45	48	45	46	38	38	34	33	34	32	36	39	41	41	39	0	22	27	32	30
17	47	52	47	49	41	41	37	36	37	33	39	41	44	45	42	21	0	24	30	33
18	43	47	44	45	42	43	39	38	39	37	41	45	46	46	44	26	25	0	24	32
19	40	44	40	42	40	40	36	35	37	34	38	41	43	43	41	32	30	25	0	32
20	42	45	42	43	36	35	30	29	35	32	36	40	41	41	36	30	33	34	32	0

Fuente: Elaboración Propia

4.5 Formulación y validación de un modelo matemático para la verificación de la solución del problema

Como se requiere que el despachador visite todos los nodos que conforman cada clúster, se debe formular un modelo matemático que contenga las distancias necesarias para cada ruta encontrada, en términos de la factibilidad de la duración de una jornada laboral.

Es necesario mencionar que independiente de la ruta que entregue el modelo, solo se considerará la distancia mínima en la que el despachador pueda realizar la ruta. Ya que, dicha persona será quien tomara la decisión de elegir cuál será el nodo con el que iniciara su ruta, debido que independiente del camino que prefiera, el clúster determinado se encontrara bien acotado, por lo que la distancia de trasladarse de un nodo a otro será

mucho menor en comparación al sistema de distribución utilizado previamente, accediendo a poder visitar y entregar todos los productos que le fueron asignados. Lo que se quiere fundamentar con este modelo matemático es la ruta óptima que permita recorrer todos los nodos que conforman el clúster.

El modelo matemático queda expresado de la siguiente manera:

Función Objetivo:

$$\text{Minimizar} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}$$

Dónde:

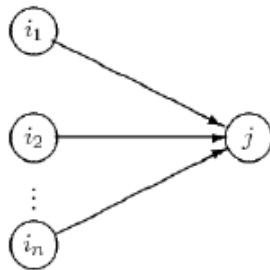
D_{ij} : Corresponde a la distancia en kilómetros de un nodo i hacia un nodo j .

X_{ij} : Variable de decisión, binario, con valor 1 si despachador visita el nodo i luego de j , 0 en caso contrario.

Sometido a las siguientes restricciones:

1. Restricción de llegada a un solo nodo.

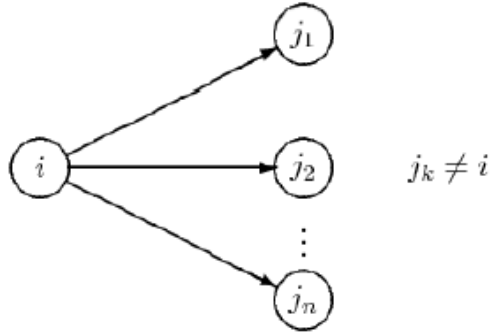
$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, 2..n$$



$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i,j \text{ binario}$$

2. Restricción de salida de a un solo nodo.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$



$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \text{ binario}$$

3. Restricción que elimina la sub rutas encontradas.

Si se aplica el modelo planteado en base a la función objetivo y las restricciones anteriormente mencionadas, existe la posibilidad de que se creen sub rutas o “subtour”. Este fenómeno genera que la solución encontrada se encuentre alejada de la solución propuesta por el modelo, tal como se muestra a continuación.

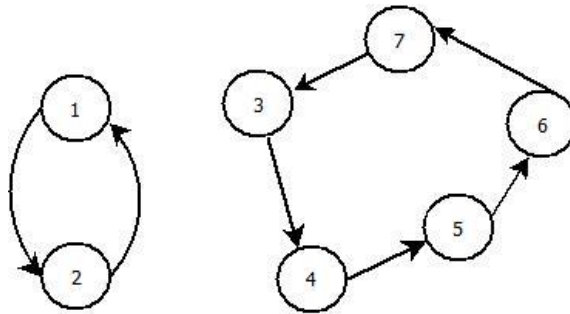


Figura 4.7 – Sub rutas formadas a través del modelo. Elaboración Propia

En el cual:

Es necesario mencionar que para que exista una sub ruta deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Deben existir subconjuntos “A”, que contengan a los menos dos nodos, es decir, existe A el cual es subconjunto de B.

- No debe existir conexiones entre el subconjunto de nodos “A” y el subconjunto de nodo de “B – A”.

Donde:

- A = Corresponde a la cardinalidad del subconjunto de nodos formados dentro de cada ruta o clúster.
- B = Corresponde al conjunto de nodos totales formados por cada ruta.

Lo anterior se puede expresar de la siguiente manera:

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in \bar{S}} x_{ij} = 0$$

Donde:

- S = Conjunto de elementos formados por la sub ruta A.
- \bar{S} = Conjunto de elementos formados por la sub ruta B – A.

Por lo tanto, para la eliminación de la sub rutas creadas, se debe agregar la siguiente restricción:

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1$$

∀ Sub ruta de S

4.5.1 Definición de las variables involucradas

- La función objetivo permite minimizar la distancia involucrado en la ruta.
- La restricción N°1 indica que solo se puede visitar un nodo desde un solo nodo anterior, ya que se considera que cada cliente es visitado una sola vez.
- La restricción N°2 indica que desde el nodo “i” solo se puede visitar un nodo siguiente, es decir, desde el nodo “i” solo se puede salir por un camino.
- La restricción N°3 elimina las sub rutas formadas dentro de cada clúster.

4.5.2 Validación para los clúster formados

Con el propósito de conseguir la solución de cada una de las rutas formadas por cada clúster, se ha utilizado el software Lindo 6.1. Para realizar la demostración del modelo propuesto, se selecciona un clúster al azar. Tal cual como se muestra a continuación.

Tabla 4.12: Identificación de los Nodos

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrarrázaval 1408, Ñuñoa
1	Tarapacá 1197, Santiago
2	Carmen 30, Santiago
3	Llano Subercaseaux 2675, San Miguel
4	Mayor Abe 3164, Macul
5	Llanura 6272, Peñalolén, Peñalolén
6	Rapel 351, Ñuñoa

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.13: Distancia en kilómetros, involucrada en el proceso de visitar cada nodo en un clúster al azar

Nodo I/J	0	1	2	3	4	5	6
0	0	4.2	4.0	6.7	5.1	10.9	4.6
1	4.2	0	2.7	3.8	8.8	14.6	8.2
2	4.0	2.7	0	5.4	7.8	13.6	7.1
3	6.7	3.8	5.4	0	5.4	12.3	9.3
4	5.1	8.8	7.8	5.4	0	7.8	5.0
5	10.9	14.6	13.6	12.3	7.8	0	8.1
6	4.6	8.2	7.1	9.3	5.0	8.1	0

Fuente: Elaboración Propia

Función Objetivo:

Minimizar:
$ \begin{aligned} &4.2X_{01} + 4.0X_{02} + 6.7X_{03} + 5.1X_{04} + 10.9X_{05} + 4.6X_{06} + \\ &4.2X_{10} + 2.7X_{12} + 3.8X_{13} + 8.8X_{14} + 14.6X_{15} + 8.2X_{16} + \\ &4.0X_{20} + 2.7X_{21} + 5.4X_{23} + 7.8X_{24} + 13.6X_{25} + 7.1X_{26} + \\ &6.7X_{30} + 3.8X_{31} + 5.4X_{32} + 5.4X_{34} + 12.3X_{35} + 9.3X_{36} + \\ &5.1X_{40} + 8.8X_{41} + 7.8X_{42} + 5.4X_{43} + 7.8X_{45} + 5.0X_{46} + \\ &10.6X_{50} + 14.6X_{51} + 13.6X_{52} + 12.3X_{53} + 7.8X_{54} + 8.1X_{56} + \\ &4.6X_{60} + 8.2X_{61} + 7.1X_{62} + 9.3X_{63} + 5.0X_{64} + 8.1X_{65} \end{aligned} $

Sujeto a Restricciones:

Llegada a un solo nodo:	Salida a un solo nodo:
$X_{01} + X_{02} + X_{03} + X_{04} + X_{05} + X_{06} = 1$	$X_{10} + X_{20} + X_{30} + X_{40} + X_{50} + X_{60} = 1$
$X_{10} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} = 1$	$X_{01} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} = 1$
$X_{20} + X_{21} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} = 1$	$X_{02} + X_{12} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} = 1$
$X_{30} + X_{31} + X_{32} + X_{34} + X_{35} + X_{36} = 1$	$X_{03} + X_{13} + X_{23} + X_{43} + X_{53} + X_{63} = 1$
$X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{45} + X_{46} = 1$	$X_{04} + X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{54} + X_{64} = 1$
$X_{50} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{56} = 1$	$X_{05} + X_{15} + X_{25} + X_{35} + X_{45} + X_{65} = 1$
$X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} = 1$	$X_{06} + X_{16} + X_{26} + X_{36} + X_{46} + X_{56} = 1$

Tal que:

(X01, X02, X03, X04, X05, X06, X10, X12, X13, X14, X15, X16, X20, X21, X23, X24, X25, X26, X30, X31, X32, X34, X35, X36, X40, X41, X42, X43, X45, X46, X50, X51, X52, X53, X54, X56, X60, X61, X62, X63, X64, X65) = (0, 1) (Binario)

Eliminación de Sub rutas:

X01 + X02 + X03 + X04 + X05 + X06 + X10 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X20 + X21 + X23 + X24 + X25 + X26 + X30 + X31 + X32 + X34 + X35 + X36 + X40 + X41 + X42 + X43 + X45 + X46 + X50 + X51 + X52 + X53 + X54 + X56 + X60 + X61 + X62 + X63 + X64 + X65 ≤ 41

$$\sum_{i=0}^6 \sum_{j=0}^6 x_{ij} \leq 41$$

Trasladando el modelo anterior al software Lindo 6.1 se obtuvo lo siguiente:

LINDO - [<untitled>]

File Edit Solve Reports Window Help

min

$$\begin{aligned}
 &4.2X01 + 4.0X02 + 6.7X03 + 5.1X04 + 10.9X05 + 4.6X06 + \\
 &4.2X10 + 2.7X12 + 3.8X13 + 8.8X14 + 14.6X15 + 8.2X16 + \\
 &4.0X20 + 2.7X21 + 5.4X23 + 7.8X24 + 13.6X25 + 7.1X26 + \\
 &6.7X30 + 3.8X31 + 5.4X32 + 5.4X34 + 12.3X35 + 9.3X36 + \\
 &5.1X40 + 8.8X41 + 7.8X42 + 5.4X43 + 7.8X45 + 5.0X46 + \\
 &10.6X50 + 14.6X51 + 13.6X52 + 12.3X53 + 7.8X54 + 8.1X56 + \\
 &4.6X60 + 8.2X61 + 7.1X62 + 9.3X63 + 5.0X64 + 8.1X65
 \end{aligned}$$

st

$$\begin{aligned}
 X01 + X02 + X03 + X04 + X05 + X06 &= 1 \\
 X10 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 &= 1 \\
 X20 + X21 + X23 + X24 + X25 + X26 &= 1 \\
 X30 + X31 + X32 + X34 + X35 + X36 &= 1 \\
 X40 + X41 + X42 + X43 + X45 + X46 &= 1 \\
 X50 + X51 + X52 + X53 + X54 + X56 &= 1 \\
 X60 + X61 + X62 + X63 + X64 + X65 &= 1 \\
 \\
 X10 + X20 + X30 + X40 + X50 + X60 &= 1 \\
 X01 + X21 + X31 + X41 + X51 + X61 &= 1 \\
 X02 + X12 + X32 + X42 + X52 + X62 &= 1 \\
 X03 + X13 + X23 + X43 + X53 + X63 &= 1 \\
 X04 + X14 + X24 + X34 + X54 + X64 &= 1 \\
 X05 + X15 + X25 + X35 + X45 + X65 &= 1 \\
 X06 + X16 + X26 + X36 + X46 + X56 &= 1 \\
 \\
 X01 + X02 + X03 + X04 + X05 + X06 + X10 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X20 + X21 + \\
 X23 + X24 + X25 + X26 + X30 + X31 + X32 + X34 + X35 + X36 + X40 + X41 + X42 + X43 + \\
 X45 + X46 + X50 + X51 + X52 + X53 + X54 + X56 + X60 + X61 + X62 + X63 + X64 + X65 &\leq 41
 \end{aligned}$$

end

INTX01
INTX02
INTX03
INTX04
INTX05
INTX06

INTX10
INTX12
INTX13
INTX14
INTX15
INTX16

Figura 4.8 – Confirmación del modelo en software Lindo 6.1. Parte 1 de 2. Elaboración Propia

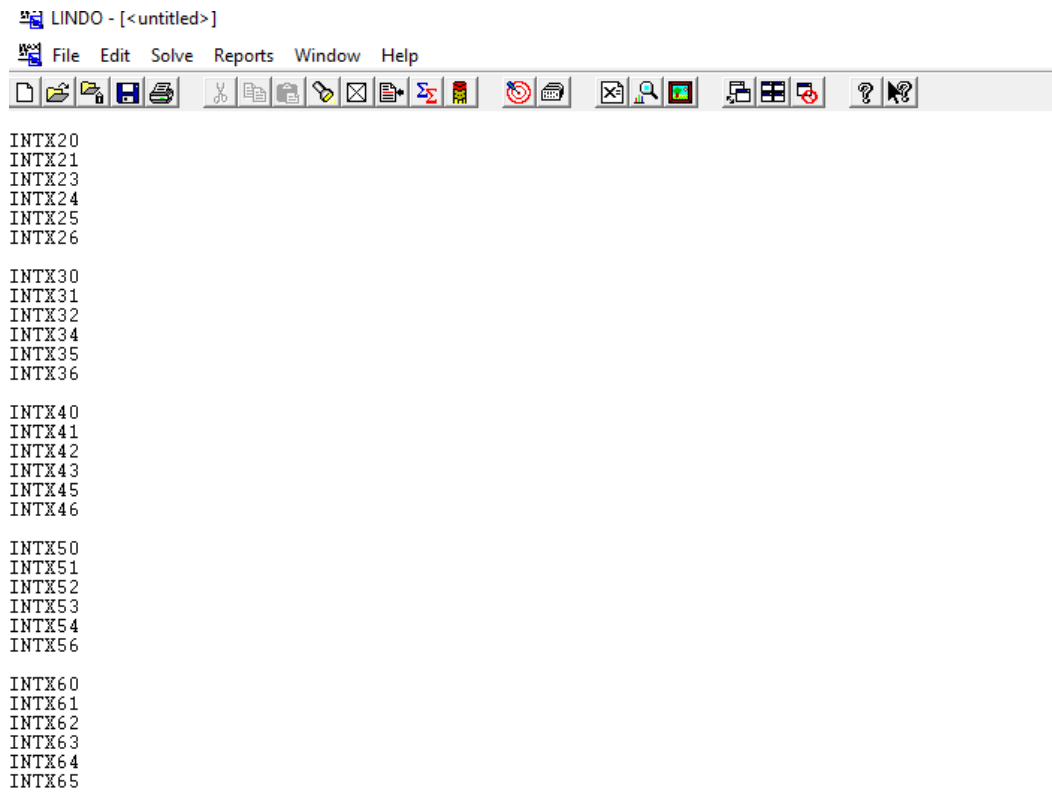


Figura 4.9 – Confirmación del modelo en software Lindo 6.1. Parte 2 de 2. Elaboración Propia

Mientras tanto, el reporte obtenido por el software Lindo 6.1 es el siguiente:

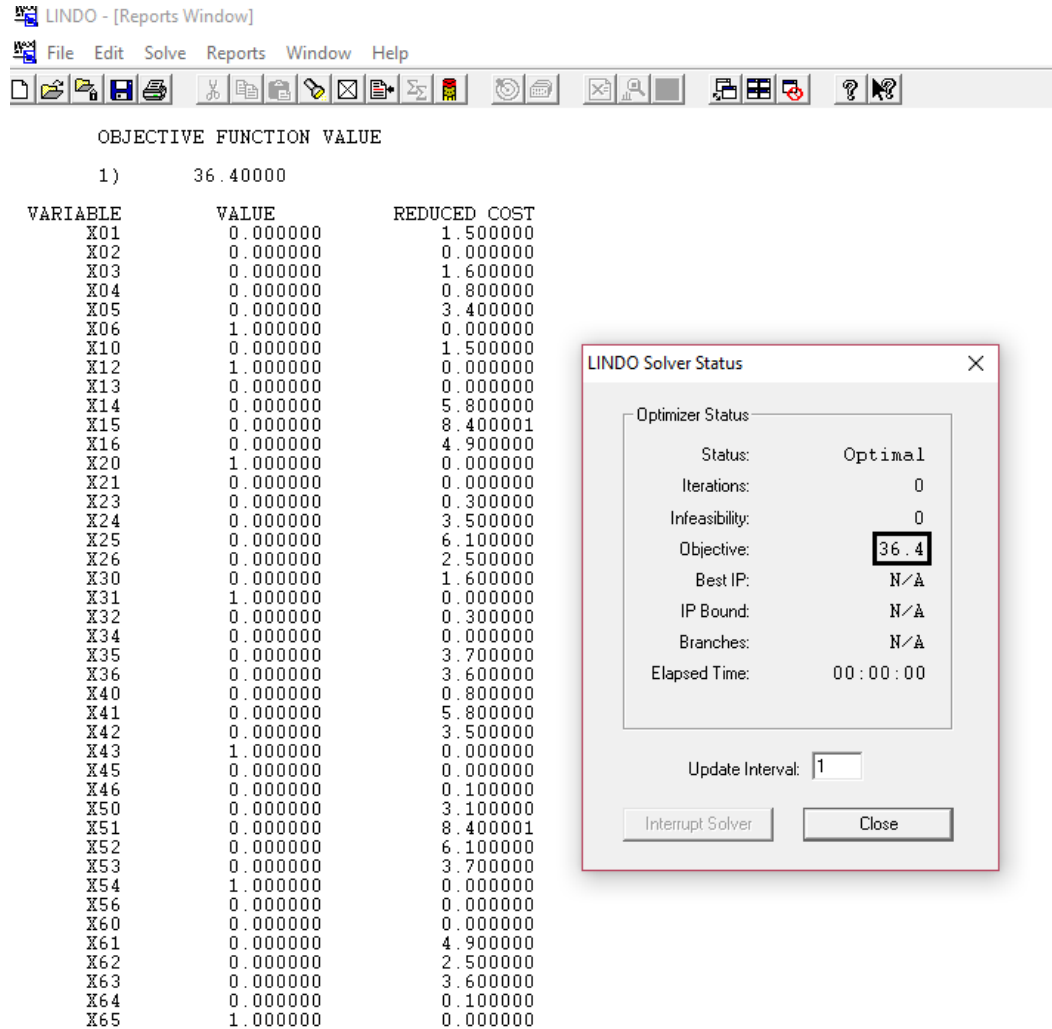


Figura 4.10 – Reporte del modelo expresado en el software Lindo 6.1. Elaboración Propia

Se ha obtenido una distancia de 36,4 kilómetros, la cual corresponde a la distancia de transporte mínimo para poder visitar todos los nodos que conforman la ruta sugerida en el modelo.

La ruta sugerida por el software Lindo 6.1, particularmente para el clúster planteado es la siguiente:

Tabla 4.14: Identificación de la ruta sugerida por el software Lindo 6.1

Orden	Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	0	Konexia Sociedad Anónima - Irarrázaval 1408, Ñuñoa
1	6	Rapel 351, Ñuñoa
2	5	Llanura 6272, Peñalolén, Peñalolén
3	4	Mayor Abe 3164, Macul
4	3	Llano Subercaseaux 2675, San Miguel
5	1	Tarapacá 1197, Santiago
6	2	Carmen 30, Santiago
7	0	Konexia Sociedad Anónima - Irarrázaval 1408, Ñuñoa

Fuente: Elaboración Propia

0 – 6 – 5 – 4 – 3 – 1 – 2 – 0

Considerando la ruta sugerida por el software Lindo 6.1, se efectuó la ubicación de dichos clientes (nodos) gracias a la herramienta Google Maps dentro de un mapa de la Región Metropolitana, obteniendo el siguiente resultado:

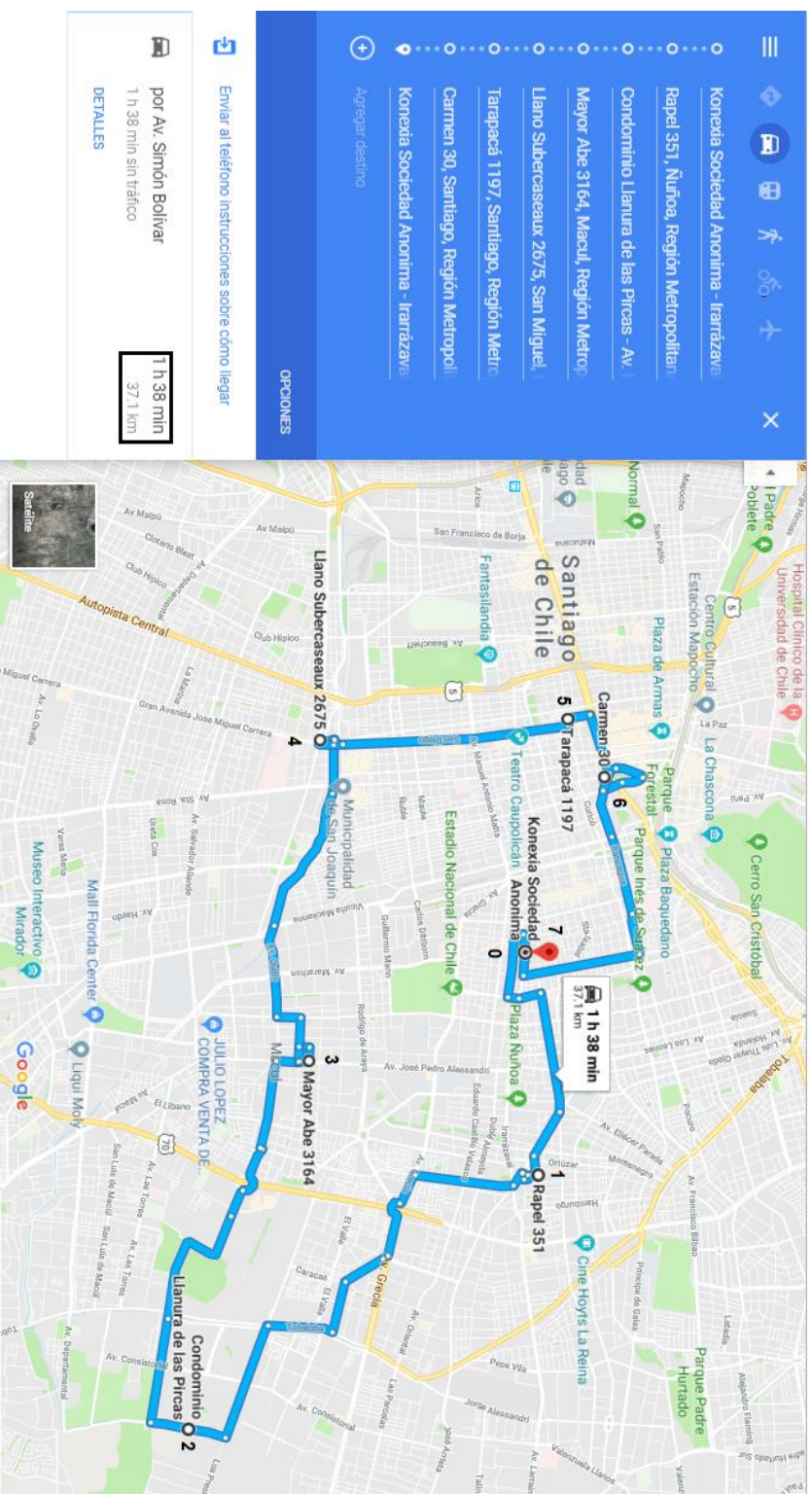


Figura 4.11 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps. Elaboración Propia

Como se muestra en la figura 4.11 la distancia real de transporte en efectuar la ruta sugerida por el software Lindo 6.1 es de 37.1 kilómetros, la cual puede recorrerse en un tiempo de aproximadamente 1 hora y 38 minutos. Asimismo solo existe una diferencia de 600 metros más que la distancia entregada por el software Lindo 6.1 que fue de 36.4 kilómetros. Con estos datos se puede validar que el modelo si es capaz de representar la realidad de una ruta de despacho de productos. Aunque existe un mínimo margen de diferencia, el cual puede verse afectado por diversas circunstancias que pueda enfrentar el despachador, ya sea, por un atochamiento en la vía o un accidente vehicular, lo cual provocaría que deba tomar vías alternativas.

4.6 Revisión de la metodología aplicada

Se ha efectuado la ubicación de los clientes (nodos) gracias a la herramienta Google Maps dentro de un mapa de la Región Metropolitana, con el propósito de apreciar la dispersión entre ellos. A continuación se realiza el agrupamiento por posición de cada nodo (k-means) con un centroide intermedio que permita reducir el número de iteraciones,

Posteriormente se ha diseñado un modelo que permita demostrar que la ruta formada mediante el agrupamiento de nodos es capaz de minimizar la distancia y el tiempo que existe al interior del clúster, aprobando los valores obtenidos mediante k-means, agregando al clúster el nodo cero, el cual representa el punto de partida y de llegada de cada despachador.

Con la ayuda de la metodología aplicada, el clúster se encuentra con nodos muy próximos entre sí, facilitando que el despachador pueda visitar los nodos asignados en su ruta, sin problemas relacionados con la lejanía de los nodos, y contextualizado a la distancia y al tiempo aproximado ya calculado, lo que establece la posibilidad de visitar todos los nodos que conforman al clúster, y hacer entrega de los productos y servicios que ofrece la empresa y, que se encuentran asociados a cada ruta.

Sin duda la variable de interés aquí ha sido la distancia. Pero si bien existe la posibilidad de minimizar el tiempo que existe entre cada nodo, esta variable no asegura que el despachador cumpla con su trabajo. Ya que, si bien, el tiempo entre cada nodo puede ser pequeño, la distancia en llegar puede ser mayor al calculado, debido a que no se considera la congestión vehicular o cualquier otro tipo de percance que retrase al despachador y lo desvíe de su ruta.

4.7 Aplicación de metodología en un día cotidiano

4.7.1 Descripción de los pasos a seguir

Paso N°1: Recolección de Direcciones

Todos los días se recolectarán las direcciones de entrega que otorguen los clientes de la Región Metropolitana durante la duración de la jornada laboral, las cuales serán adjuntas en una planilla Excel para coordinar su entrega para el siguiente día laboral.

Paso N°2: Búsqueda de Coordenadas

El siguiente paso es hacer la búsqueda de las coordenadas, latitud y longitud, las cuales serán requeridas para la conformación de los cluster correspondientes. Estos datos se obtienen gracias a la herramienta de Google, "Google Maps", solamente ingresando la dirección del cliente.

Paso N°3: Creación de Clúster

Para poder realizar la agrupación de los clientes por su cercanía, se deberá tomar un(os) nodo(s), dependiendo de la cantidad de clúster que se desean crear, para utilizarlo como centroide de ese mismo clúster. A continuación se deberá calcular la distancia existente entre cada nodo, y cada uno de los centroides iniciales que se utilizarán.

Paso N°4: Determinación de Rutas

El paso siguiente es determinar la distancia a través de las calles que existe entre cada nodo. Para esto se utiliza nuevamente la herramienta de Google, "Google Maps", la cual permitirá obtener la distancia de traslado que recorrerá el despachador, además de conocer el tiempo de traslado de nodo a nodo. Dichas distancias se ingresaran junto al modelo matemático diseñado en el software Lindo 6.1, el cual entregará como resultado la mejor ruta de despacho a recorrer.

4.7.2 Caso para un día cotidiano

Paso N°1: Recolección de Direcciones

Paso N°2: Búsqueda de Coordenadas

Tabla 4.15: Extracto de la identificación de Nodos con sus Coordenadas

Cliente	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)	Latitud	Longitud
1	Cristóbal Colón 6023, Las Condes	-33.41711	-70.56537
2	Hernando de Magallanes 153, Las Condes	-33.40894	-70.55661
3	Carlos Dickens 2133, La Reina	-33.43545	-70.55713
4	Chonchi 24, La Reina	-33.45185	-70.53966
5	Maturana 1198, Santiago	-33.43216	-70.66777
6	Huérfanos 2698, Santiago	-33.44132	-70.67291
7	Tartini 2629, Pedro Aguirre Cerda	-33.48106	-70.67257
8	Plano Regulador 3904, Pedro Aguirre Cerda	-33.49499	-70.68927
9	Los Almendros 6164, Los Cerrillos, Cerrillos	-33.49181	-70.71431
17	La Serena 717, El Bosque	-33.57561	-70.67021
18	Los Limoneros 12910, La Pintana	-33.58258	-70.64571
19	Sagasca 1860, Puente Alto	-33.58601	-70.60287
20	Venezuela 8866, La Florida	-33.53516	-70.58163
75	Campanario 1720, Conchalí	-33.38491	-70.67783
76	Pedro Fontova 5301, Conchalí	-33.37817	-70.67148
77	Ferrada 5722, Conchalí	-33.37531	-70.68487
78	Huechuraba 1977, Conchalí	-33.36793	-70.68632
79	Pica 6667, Huechuraba	-33.35930	-70.68808
80	Los Franciscanos 1683, Huechuraba	-33.35593	-70.67889
81	Los Cedros 7539, Huechuraba	-33.35062	-70.68155
82	Bucalemu 1320, Conchalí	-33.37571	-70.66988
83	Irma 1437, Conchalí	-33.38281	-70.66765
84	Esther 3761, Conchalí	-33.38947	-70.66782
85	Anzani 1106, Recoleta	-33.38560	-70.65324
86	Austria 4334, Recoleta	-33.38165	-70.64655
87	Inés de Suárez 847, Huechuraba	-33.37133	-70.63923
118	Padre Miguel de Olivares 1228, Santiago	-33.44766	-70.65157
119	Gorbea 1901, Santiago	-33.45224	-70.66204
120	Cueto 120, Santiago	-33.44401	-70.67252
121	Las Sophoras 108, Santiago, Estación Central	-33.44717	-70.68318
122	Sta Petronila 127, Santiago, Estación Central	-33.45143	-70.70515
123	Conferencia 915, Santiago	-33.46088	-70.67580
124	Las Fucsias 1980, Santiago	-33.47291	-70.66927

125	Murta 767, Santiago, Estación Central	-33.47334	-70.70086
126	Patagonia 836, Maipú	-33.47978	-70.73244
127	Nicaragua 7620, Los Cerrillos, Cerrillos	-33.48651	-70.72815
128	Rapa Nui 6391, Los Cerrillos, Cerrillos	-33.49395	-70.71777
129	García Lorca 3335, Maipú	-33.49778	-70.73926
130	Hnos Carrera 2218, Maipú	-33.50737	-70.76244
131	Pdte Juan Luis Sanfuentes 2563, Maipú	-33.50501	-70.78072
132	Nte de Chile 3006, Maipú	-33.50980	-70.79402
133	Av. El Conquistador 1821-1841, Maipú	-33.51453	-70.79694
134	Las Tinajas 1954, Maipú	-33.51624	-70.78527
135	El Cid 1702, Maipú	-33.51538	-70.77291
136	Av. Los Pajaritos 638, Maipú	-33.52254	-70.75763
137	Pepe Abad 850, Maipú	-33.53146	-70.76795
138	Los Estoicos 1587, Maipú	-33.52531	-70.78013
139	Laguna Gris 725, Maipú	-33.52245	-70.79284
159	Once Sur 3459, Lo Espejo	-33.51178	-70.69146
160	Los Duraznos 8251-8371, Lo Espejo	-33.52311	-70.68455
161	Eulogio Altamirano 7387, La Cisterna	-33.52540	-70.65777
162	Los Prunos 1562, San Ramón	-33.52540	-70.64163
163	Veintisiete Ote 6325, La Granja	-33.51438	-70.61863
164	Los Geólogos 5202, Macul	-33.50093	-70.60370
165	Puno 887, La Florida	-33.51288	-70.60121
166	El Ulmo 1194, La Florida	-33.51710	-70.59271
167	Navidad 75, La Florida	-33.52133	-70.60370
168	Asturias 8041, La Florida	-33.52742	-70.58709
169	Los Huiliches 1239-1243, La Florida	-33.53371	-70.57610
170	Azapa 56, La Florida	-33.54173	-70.58949
188	Cresibio 141, San Bernardo	-33.61320	-70.70597
189	Los Duraznos 0479, La Pintana	-33.61909	-70.63918
190	María Elena 1165, La Florida	-33.56203	-70.60124
191	Río Pihueico 4228, Puente Alto	-33.56714	-70.58355
192	El Mediero 3834, Puente Alto	-33.57036	-70.56981
193	Pablo Neruda 3250, Puente Alto	-33.57751	-70.55745
194	Caimanes 2762, Puente Alto	-33.58473	-70.55685
195	San Hugo 507, Puente Alto	-33.59167	-70.57170
196	Toroya 2634, Puente Alto	-33.58738	-70.59007
197	Avenida San Carlos 1227, Puente Alto	-33.60010	-70.59333
198	El Toronjil 1768, Puente Alto	-33.61011	-70.60020
199	Argentina 21, Puente Alto	-33.61261	-70.58070
200	Pedro Allende 555, Puente Alto	-33.60503	-70.56525

Fuente: Elaboración Propia

Paso N°3: Creación de Clúster**Iteración N°1**

Centros de cada Clúster

Tabla 4.16: Identificación de los Nodos Centroides para la Iteración N°1

	Cliente	Latitud (X)	Longitud (Y)
Clúster 1	189	-33.61909	-70.63918
Clúster 2	173	-33.59636	-70.59190
Clúster 3	18	-33.58258	-70.64571
Clúster 4	149	-33.56956	-70.80722
Clúster 5	176	-33.55374	-70.67155
Clúster 6	28	-33.53896	-70.55656
Clúster 7	162	-33.52540	-70.64163
Clúster 8	135	-33.51538	-70.77291
Clúster 9	158	-33.50205	-70.65507
Clúster 10	155	-33.48716	-70.60769
Clúster 11	113	-33.48025	-70.58610
Clúster 12	123	-33.46088	-70.67580
Clúster 13	119	-33.45224	-70.66204
Clúster 14	120	-33.44401	-70.67252
Clúster 15	27	-33.43043	-70.62353
Clúster 16	104	-33.41555	-70.53717
Clúster 17	2	-33.40894	-70.55661
Clúster 18	54	-33.39594	-70.74767
Clúster 19	75	-33.38491	-70.67783
Clúster 20	77	-33.37531	-70.68487
Clúster 21	71	-33.36295	-70.71348
Clúster 22	60	-33.35311	-70.74949
Clúster 23	102	-33.34369	-70.50966

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4. 17: Clúster Formados para Iteración N°1

[illegible]

Iteración N°2

Centros de cada Clúster

Tabla 4.18: Identificación de los Nodos Centroides para la Iteración N°2

	Latitud (X)	Longitud (Y)
Clúster 1	-33.61614	-70.67257
Clúster 2	-33.5912	-70.58524
Clúster 3	-33.58842	-70.66701
Clúster 4	-33.56338	-70.79253
Clúster 5	-33.5679	-70.68142
Clúster 6	-33.5496	-70.57297
Clúster 7	-33.53204	-70.6376
Clúster 8	-33.49973	-70.76868
Clúster 9	-33.49534	-70.66772
Clúster 10	-33.49347	-70.61087
Clúster 11	-33.47449	-70.57017
Clúster 12	-33.47596	-70.69121
Clúster 13	-33.45092	-70.65137
Clúster 14	-33.44417	-70.6762
Clúster 15	-33.42518	-70.60928
Clúster 16	-33.39913	-70.53002
Clúster 17	-33.40356	-70.5845
Clúster 18	-33.41486	-70.7405
Clúster 19	-33.37998	-70.65781
Clúster 20	-33.36182	-70.68394
Clúster 21	-33.35742	-70.71858
Clúster 22	-33.35536	-70.74331
Clúster 23	-33.35379	-70.51352

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.19: Clúster Formados para Iteración N°2

Clúster	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cantidad	4	10	9	11	4	10	6	16	8	10	9	7	7	5	4	8	5	27	14	5	8	9	4
	189	199	183	151	185	30	175	137	160	167	156	8	154	123	109	105	106	12	15	77	71	72	99
	188	198	184	150	178	192	174	138	21	166	29	128	116	121	26	104	1	33	84	78	70	56	100
	187	200	182	149	16	191	171	136	159	163	112	9	117	120	107	2	92	34	74	79	69	57	101
	186	197	181	147	177	190	172	139	158	165	113	127	119	6	27	103	93	35	85	80	68	58	102
		173	18	148		170	161	134	153	157	111	125	25	5		97	94	13	75	81	66	59	
		195	180	146		143	162	135	23	164	24	124	118			95		36	83		67	60	
		196	17	145		28		133	152	22	4	122	108			96		37	86		65	61	
		19	179	144		20		132	7	155	110					98		14	91		64	63	
		194	176	142		169		130		114	3							38	76			62	
		193		141		168		131		115								43	82				
				140				10										39	90				
								129										40	87				
								126										41	88				
								11										48	89				
								32										44					
								31										42					
																		47					
																		46					
																		45					
																		50					
																		49					
																		51					
																		52					
																		73					
																		53					
																		54					
																		55					

Iteración N°3

Centros de cada Clúster

Tabla 4.20: Identificación de los Nodos Centroides para la Iteración N°3

	Latitud (X)	Longitud (Y)
Clúster 1	-33.61035	-70.68704
Clúster 2	-33.59515	-70.58103
Clúster 3	-33.58165	-70.66762
Clúster 4	-33.55642	-70.79299
Clúster 5	-33.57072	-70.68231
Clúster 6	-33.54897	-70.59903
Clúster 7	-33.53934	-70.64229
Clúster 8	-33.50203	-70.76784
Clúster 9	-33.49876	-70.66613
Clúster 10	-33.501	-70.60974
Clúster 11	-33.46763	-70.56533
Clúster 12	-33.4807	-70.70354
Clúster 13	-33.45583	-70.6408
Clúster 14	-33.44511	-70.67443
Clúster 15	-33.44032	-70.60528
Clúster 16	-33.39702	-70.53915
Clúster 17	-33.40396	-70.5761
Clúster 18	-33.42078	-70.74344
Clúster 19	-33.37995	-70.65518
Clúster 20	-33.36182	-70.68394
Clúster 21	-33.3551	-70.71895
Clúster 22	-33.35887	-70.74409
Clúster 23	-33.3598	-70.51298

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.21: Clúster Formados para Iteración N°3

Clúster	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cantidad	7	12	6	12	4	8	6	13	7	10	7	8	7	6	6	5	6	28	12	6	10	8	6
	189	199	182	151	178	191	175	137	160	167	29	8	23	123	24	104	106	33	15	74	72	56	96
	188	198	181	150	16	190	174	138	159	166	112	128	115	119	109	103	105	32	84	77	71	57	98
	187	200	18	149	177	171	172	136	158	163	113	9	154	121	108	94	1	31	85	87	70	58	99
	186	197	180	147	176	170	161	139	153	165	111	127	116	120	26	97	2	34	75	78	69	59	100
	183	173	17	148		28	162	134	152	157	4	126	117	6	107	95	92	35	83	79	68	60	101
	185	195	179	146		20	21	135	7	164	110	125	25	5	27		93	13	86	80	66	61	102
	184	196		145		169		133	124	156	3	12	118					36	91		67	63	
		19		144		168		132		22		122						37	76		65	62	
		194		143				130		155								14	82		81		
		193		142				131		114								38	90		64		
		30		141				10										43	88				
		192		140				129										39	89				
								11										40					
																		41					
																		44					
																		42					
																		47					
																		46					
																		45					
																		50					
																		49					
																		51					
																		52					
																		73					
																		53					
																		54					
																		55					

Iteración N°4

Centros de cada Clúster

Tabla 4.22: Identificación de los Nodos Centroides para la Iteración N°4

	Latitud (X)	Longitud (Y)
Clúster 1	-33.60428	-70.68989
Clúster 2	-33.59115	-70.57881
Clúster 3	-33.58134	-70.6611
Clúster 4	-33.55515	-70.79184
Clúster 5	-33.56028	-70.67255
Clúster 6	-33.54395	-70.58615
Clúster 7	-33.53541	-70.64814
Clúster 8	-33.51076	-70.77174
Clúster 9	-33.49401	-70.67274
Clúster 10	-33.50352	-70.60454
Clúster 11	-33.46406	-70.55822
Clúster 12	-33.47882	-70.7164
Clúster 13	-33.46492	-70.64094
Clúster 14	-33.4463	-70.67237
Clúster 15	-33.44393	-70.60516
Clúster 16	-33.3941	-70.53945
Clúster 17	-33.4104	-70.57171
Clúster 18	-33.42197	-70.74464
Clúster 19	-33.37993	-70.65431
Clúster 20	-33.36979	-70.6765
Clúster 21	-33.35631	-70.71502
Clúster 22	-33.35728	-70.74747
Clúster 23	-33.36704	-70.51969

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.23: Clúster Formados para Iteración N°4

Clúster	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cantidad	8	9	9	9	8	8	8	9	8	9	8	9	8	9	8	8	9	9	9	9	10	10	9
	183	30	17	142	16	20	21	130	7	22	3	9	23	5	24	93	1	33	31	53	63	40	45
	184	173	18	143	136	28	160	131	8	113	4	11	25	6	26	94	2	34	32	54	64	51	46
	185	192	19	145	137	166	161	132	10	114	29	12	115	14	27	95	13	35	39	72	65	52	87
	186	193	179	146	140	167	162	133	124	155	106	122	116	44	74	96	15	36	49	75	66	56	88
	187	194	180	147	144	168	171	134	152	156	107	125	117	47	84	97	50	37	55	76	67	57	98
	188	195	181	148	176	169	172	135	153	157	110	126	118	48	91	102	83	38	80	77	68	58	99
	189	196	182	149	177	170	174	138	158	163	111	127	119	120	108	104	89	41	81	78	69	59	100
	190	197	198	150	178	191	175	139	159	164	112	128	154	121	109	105	90	42	85	79	70	60	101
		200	199	151				141		165		129		123			92	43	86	82	71	61	103
																					73	62	

Fuente: Elaboración Propia

Paso N°4: Determinación de Rutas

- Clúster N°1

Tabla 4.24: Identificación de los Nodos del Clúster N°1

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irarrázaval 1408, Ñuñoa
183	Sta Mercedes 14877, San Bernardo
184	Condell 94, San Bernardo
185	San José 880, San Bernardo
186	Victoria 975, San Bernardo
187	Alfonso Donoso 11, San Bernardo
188	Cresibio 141, San Bernardo
189	Los Duraznos 0479, La Pintana
190	María Elena 1165, La Florida

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.25: Distancia en kilómetros, involucrada en el proceso de visitar cada nodo del Clúster N°1

Nodo I/J	0	183	184	185	186	187	188	189	190
0	0	27.6	22.5	21.7	24.1	24.6	24.4	26.2	13.6
183	27.6	0	2.8	4.5	4.6	4.9	5.6	7.9	15.4
184	22.5	2.8	0	2.4	2.1	2.8	3.5	7.1	17.6
185	21.7	4.5	2.4	0	1.8	2.7	2.9	8.0	18.5
186	24.1	4.6	2.1	1.8	0	1.8	2.1	7.9	20.9
187	24.6	4.9	2.8	2.7	1.8	0	1.8	8.5	24.7
188	24.4	5.6	3.5	2.9	2.1	1.8	0	9.0	21.0
189	26.2	7.9	7.1	8.0	7.9	8.5	9.0	0	14.5
190	13.6	15.4	17.6	18.5	20.9	24.7	21.0	14.5	0

Fuente: Elaboración Propia

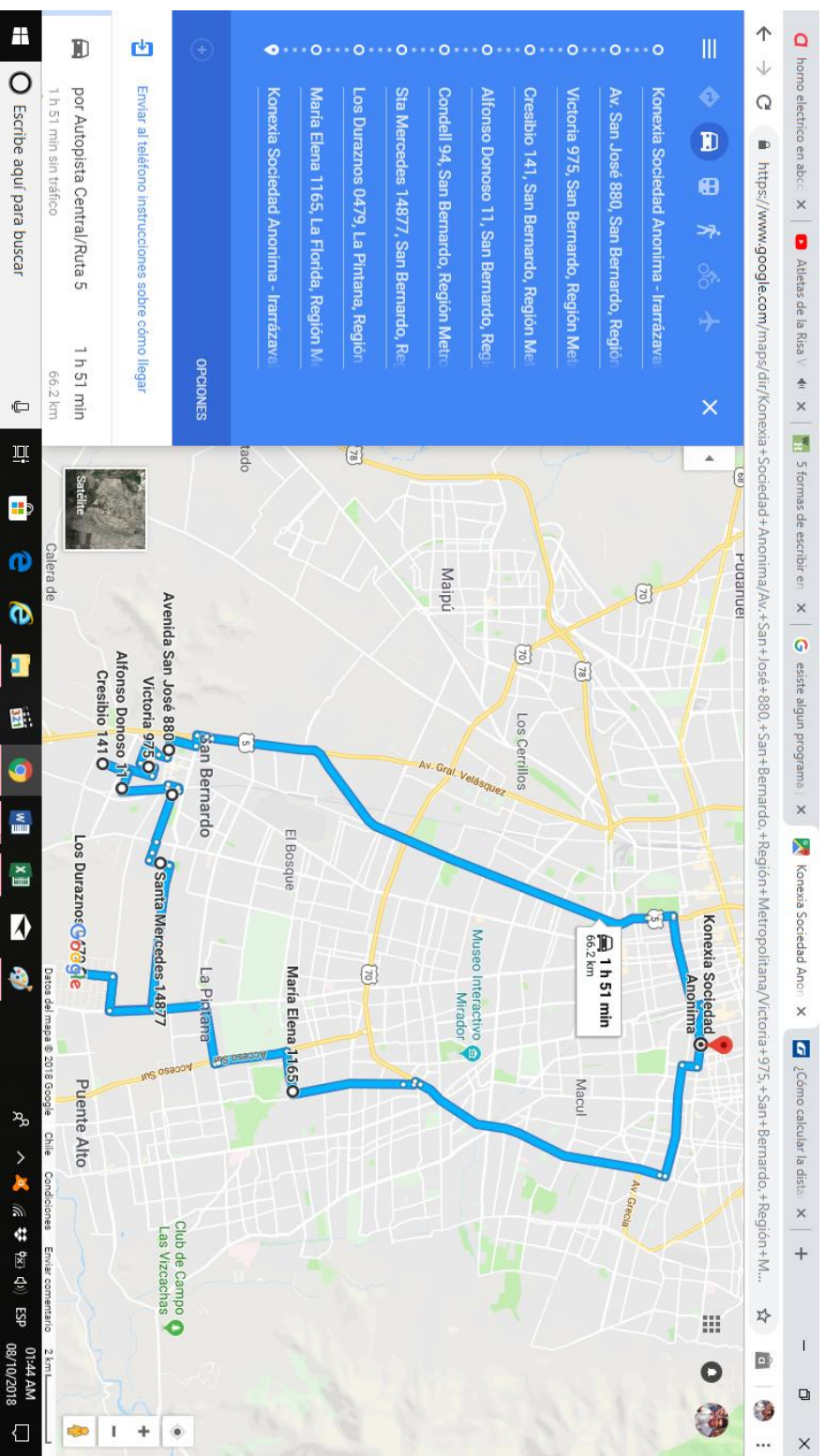


Figura 4.12 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°1. Elaboración Propia

- Clúster N°2

Tabla 4.26: Identificación de los Nodos del Clúster N°2

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
30	Cerro Alavado 1498, Puente Alto
173	Juan Luis Sanfuentes 8771, San Ramón
192	El Mediero 3834, Puente Alto
193	Pablo Neruda 3250, Puente Alto
194	Caimanes 2762, Puente Alto
195	San Hugo 507, Puente Alto
196	Toroya 2634, Puente Alto
197	Avenida San Carlos 1227, Puente Alto
200	Pedro Allende 555, Puente Alto

Fuente: Elaboración Propia

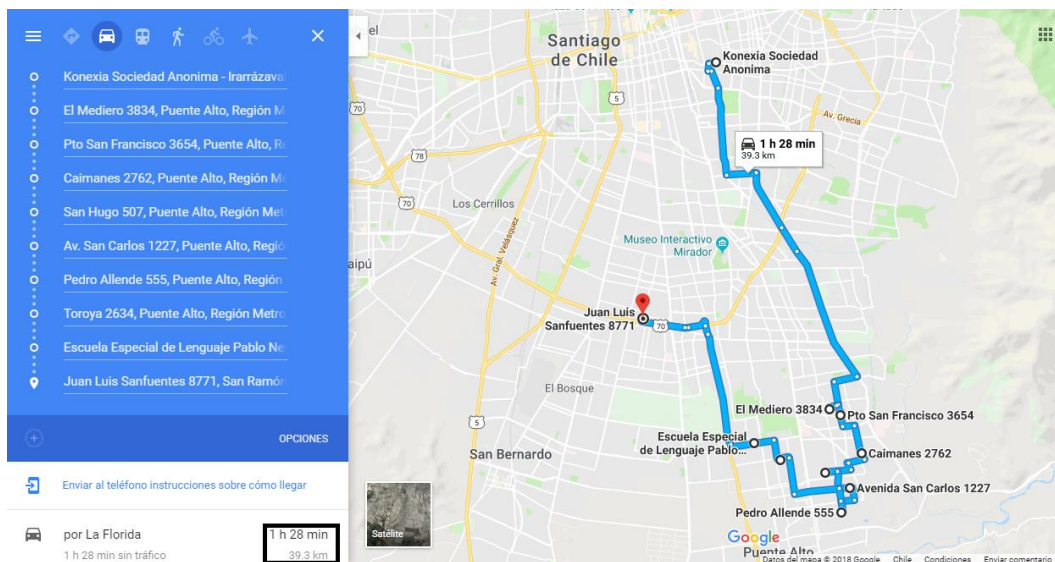


Figura 4.13 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°2.

Elaboración Propia

- Clúster N°3

Tabla 4.27: Identificación de los Nodos del Clúster N°3

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
17	La Serena 717, El Bosque
18	Los Limoneros 12910, La Pintana
19	Sagasca 1860, Puente Alto
179	Pje Cuatro 11825, El Bosque
180	Gral Sofanor Parra 900, La Pintana
181	Isabel Bravo 13208, La Pintana
182	Volcán Quetrupillán 1222, San Bernardo
198	El Toronjil 1768, Puente Alto
199	Argentina 21, Puente Alto

Fuente: Elaboración Propia

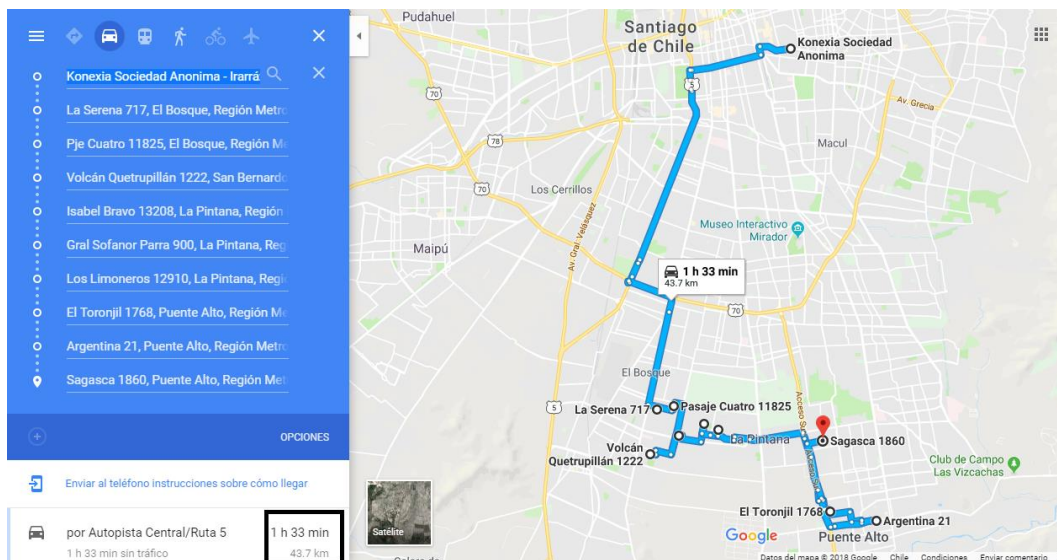


Figura 4.14 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°3.

Elaboración Propia

- Clúster N°4

Tabla 4.28: Identificación de los Nodos del Clúster N°4

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
142	Pje. Punta Angamos 2573, Maipú
143	Digua Int 61, Maipú
145	Camino Húsares de La Muerte 35, Maipú
146	Alcalde José Luis Infante Larraín 1709, Maipú
147	Tercera Avenida 1680, Padre Hurtado
148	Francisco Coloane 973, Padre Hurtado
149	El Manzano 525, Padre Hurtado
150	San Bernabé 2028, Padre Hurtado
151	San Ignacio Int 31, Padre Hurtado

Fuente: Elaboración Propia

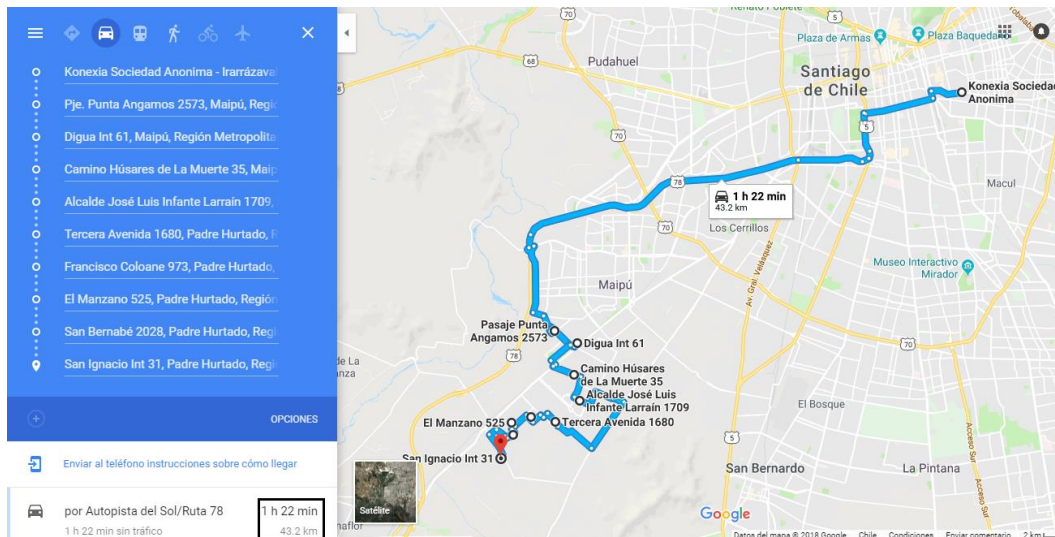


Figura 4.15 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°4.

Elaboración Propia

- Clúster N°5

Tabla 4.29: Identificación de los Nodos del Clúster N°5

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazábal 1408, Ñuñoa
16	Mariano Latorre 11739, El Bosque
136	Av. Los Pajaritos 638, Maipú
137	Pepe Abad 850, Maipú
140	Pdte Eduardo Frei Montalva 3328, Maipú
144	Turquestán 9, Maipú
176	Melania 10153, El Bosque
177	Av. El Observatorio 355, El Bosque
178	Los Platinos 11120, El Bosque

Fuente: Elaboración Propia

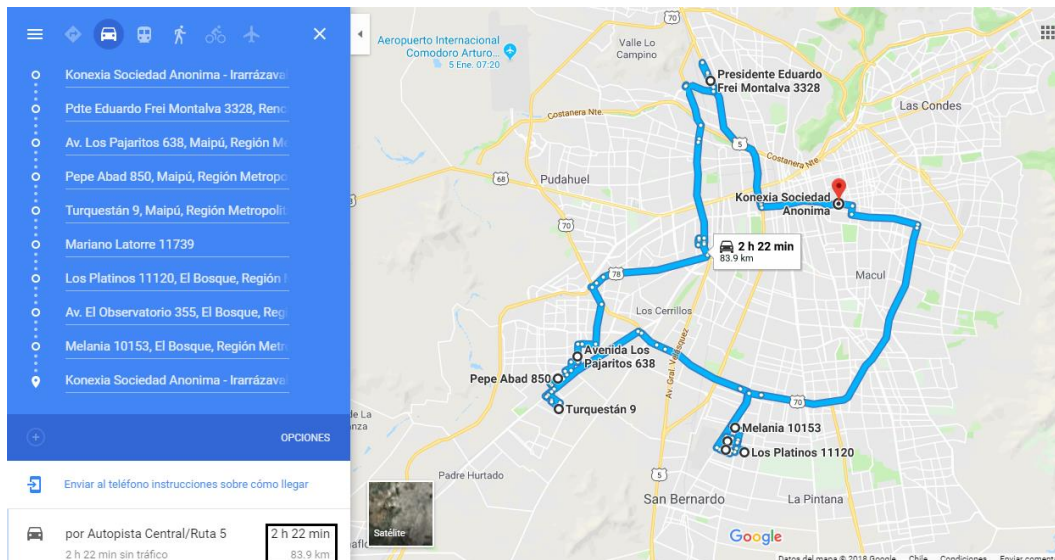


Figura 4.16 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°5.

Elaboración Propia

- Clúster N°6

Tabla 4.30: Identificación de los Nodos del Clúster N°6

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
20	Venezuela 8866, La Florida
28	Rojas Magallanes 3187, La Florida
166	El Ulmo 1194, La Florida
167	Navidad 75, La Florida
168	Asturias 8041, La Florida
169	Los Huiliches 1239-1243, La Florida
170	Azapa 56, La Florida
191	Río Pirihueico 4228, Puente Alto

Fuente: Elaboración Propia

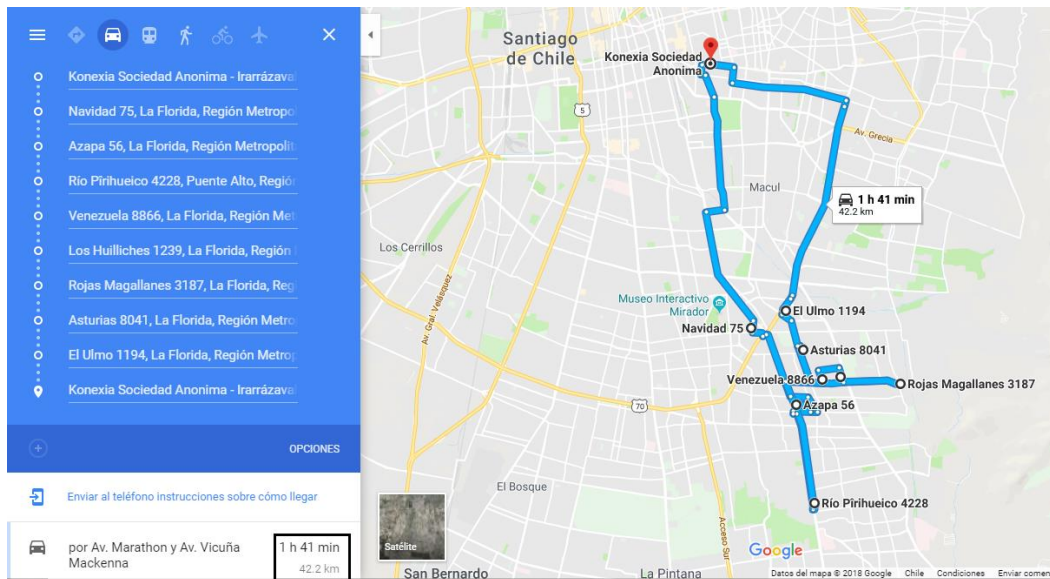


Figura 4.17 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°6.

Elaboración Propia

- Clúster N°7

Tabla 4.31: Identificación de los Nodos del Clúster N°7

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
21	Sta Clara 977, La Cisterna
160	Los Duraznos 8251, Lo Espejo
161	Eulogio Altamirano 7387, La Cisterna
162	Los Prunos 1562, San Ramón
171	Isla de Chiloé 8898, La Granja
172	Pedro Lagos 9115-9121, San Ramón
174	Alpatacal 1734-1738, San Ramón
175	Riquelme 805, El Bosque

Fuente: Elaboración Propia

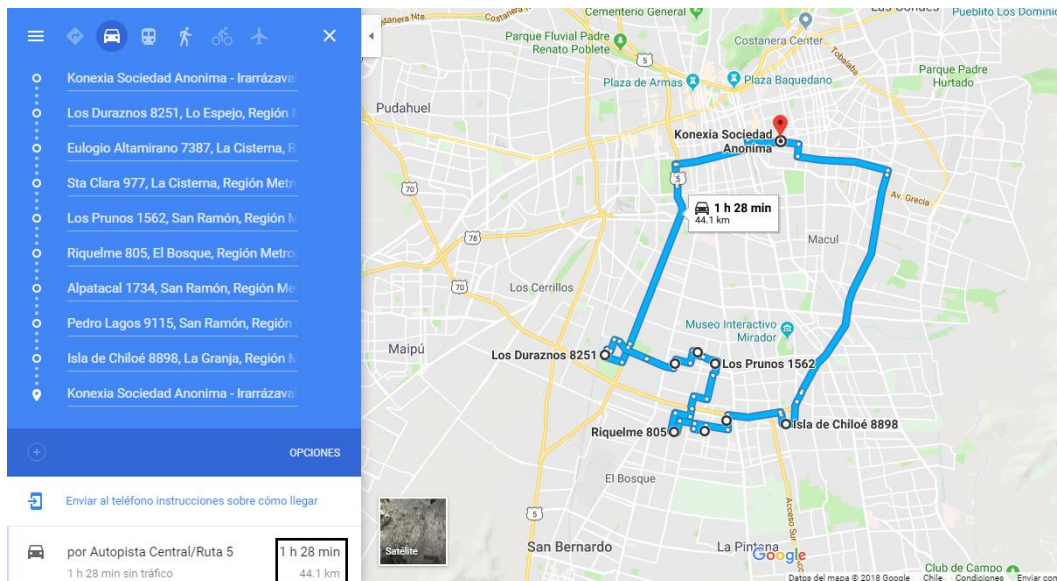


Figura 4.18 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°7.

Elaboración Propia

- Clúster N°8

Tabla 4.32: Identificación de los Nodos del Clúster N°8

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
130	Hnos Carrera 2218, Maipú
131	Pdte Juan Luis Sanfuentes 2563, Maipú
132	Nte de Chile 3006, Maipú
133	Av. El Conquistador 1821, Maipú
134	Las Tinajas 1954, Maipú
135	El Cid 1702, Maipú
138	Los Estoicos 1587, Maipú
139	Laguna Gris 725, Maipú
141	Calle Bosque Alto 3274, Maipú

Fuente: Elaboración Propia

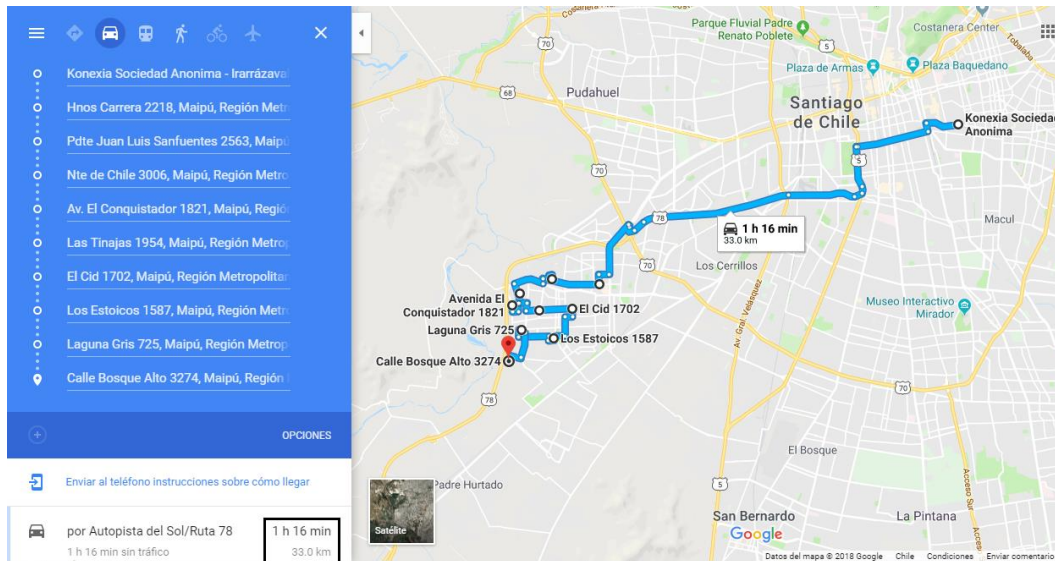


Figura 4.19 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°8.

Elaboración Propia

- Clúster N°9

Tabla 4.33: Identificación de los Nodos del Clúster N°9

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
7	Tartini 2629, Pedro Aguirre Cerda
8	Plano Regulador 3904, Pedro Aguirre Cerda
10	El Greco 567, Maipú
124	Las Fucsias 1980, Santiago
152	Pedro Subercaseaux 3498, Pedro Aguirre Cerda
153	Manuela Errázuriz 3660, Pedro Aguirre Cerda
158	Carlos Edwards 1188, San Miguel
159	Once Sur 3459, Lo Espejo

Fuente: Elaboración Propia

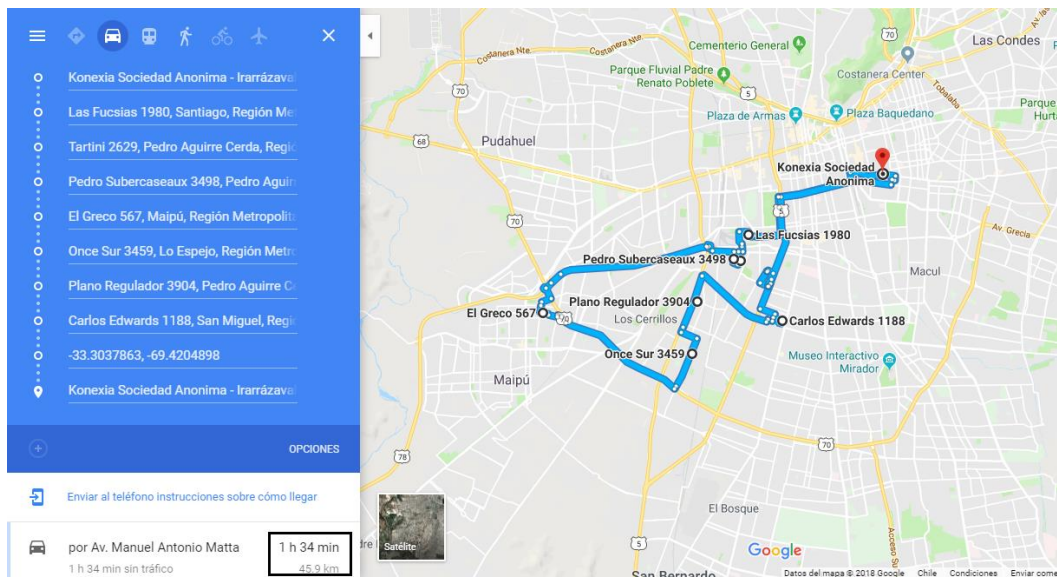


Figura 4.20 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°9.

Elaboración Propia

- Clúster N°10

Tabla 4.34: Identificación de los Nodos del Clúster N°10

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazábal 1408, Ñuñoa
22	Avenida Monsenor Carlos Casanueva 2731, Macul
113	Los Olmos 4369, Macul
114	Domingo Arteaga 271, Macul
155	Joaquín Rodríguez 3525, Macul
156	Medieval Nte 4498, Penalolen, Peñalolén
157	Alfonso Leng 5569, Macul
163	Veintisiete Ote 6325, La Granja
164	Los Geólogos 5202, Macul
165	Puno 887, La Florida

Fuente: Elaboración Propia

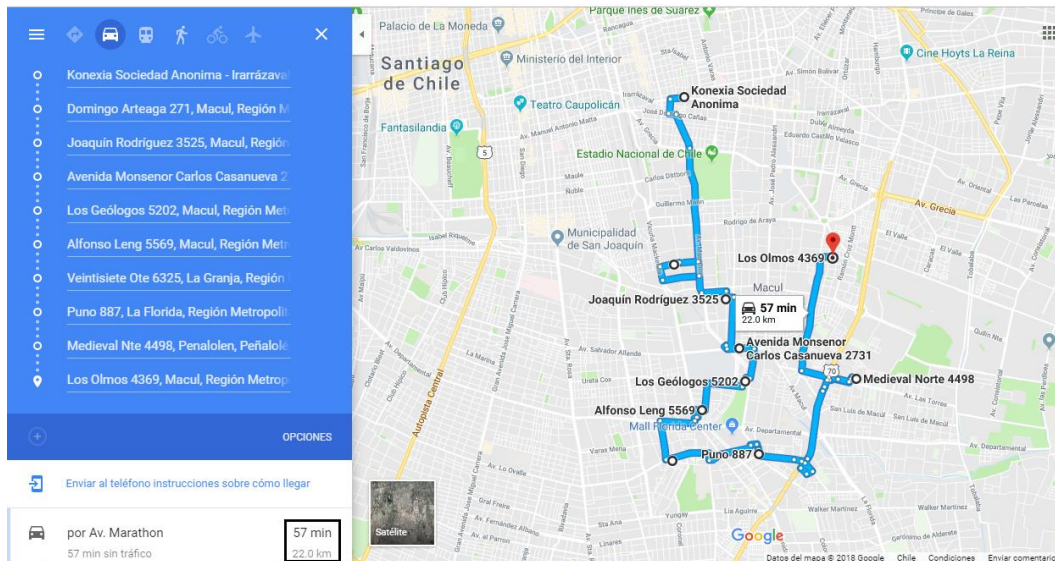


Figura 4.21 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°10.

Elaboración Propia

- Clúster N°11

Tabla 4.35: Identificación de los Nodos del Clúster N°11

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazával 1408, Ñuñoa
3	Carlos Dickens 2133, La Reina
4	Chonchi 24, La Reina
29	El Valle 8095, Penalolén, Peñalolén
106	Juan de Austria 1845, Las Condes
107	Hernando de Aguirre 1830, Providencia
110	Coventry 349, Ñuñoa
111	Lago Cochrane 1003, Peñalolén, Peñalolén
112	El Valle 7783, Peñalolén, Peñalolén

Fuente: Elaboración Propia

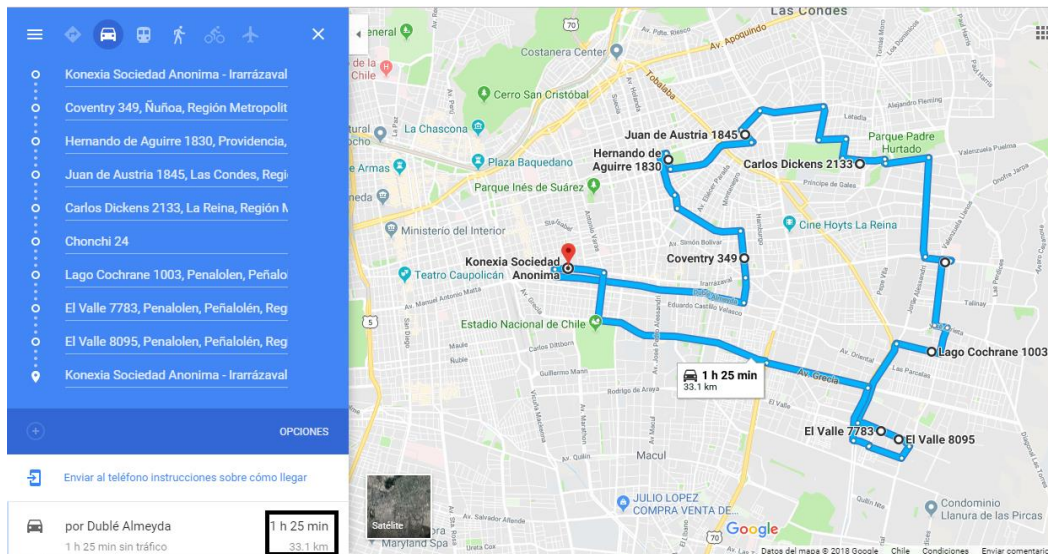


Figura 4.22 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°11.

Elaboración Propia

- Clúster N°12

Tabla 4.36: Identificación de los Nodos del Clúster N°12

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazával 1408, Ñuñoa
9	Los Almendros 6164, Los Cerrillos, Cerrillos
11	Ing Roberto Llona 5170, Maipú
12	Las Gárgolas 7428, Pudahuel
122	Sta Petronila 127, Santiago, Estación Central
125	Murta 767, Santiago, Estación Central
126	Patagonia 836, Maipú
127	Nicaragua 7620, Los Cerrillos, Cerrillos
128	Rapa Nui 6391, Los Cerrillos, Cerrillos
129	García Lorca 3335, Maipú

Fuente: Elaboración Propia

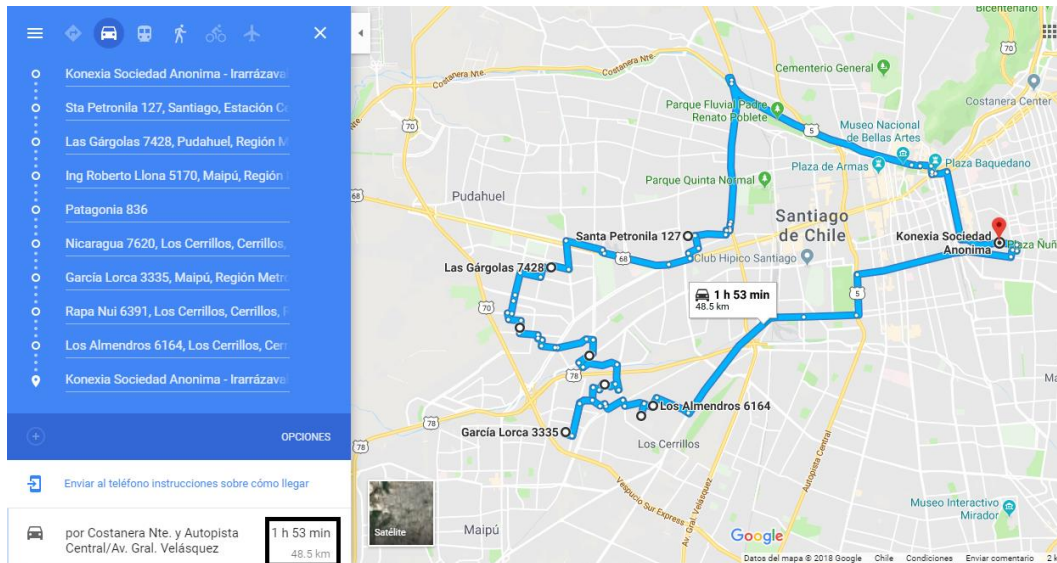


Figura 4.23 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°12.

Elaboración Propia

- Clúster N°13

Tabla 4.37: Identificación de los Nodos del Clúster N°13

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazábal 1408, Ñuñoa
23	Av. Sta. Rosa 3090, San Joaquín
25	Carmen 648, Santiago
115	Tocornal 2378, San Joaquín
116	Maule 703, Santiago
117	Av. Sta. Rosa 904, Santiago
118	Padre Miguel de Olivares 1228, Santiago
119	Gorbea 1901, Santiago
154	Dávila Larraín 2481, San Joaquín

Fuente: Elaboración Propia

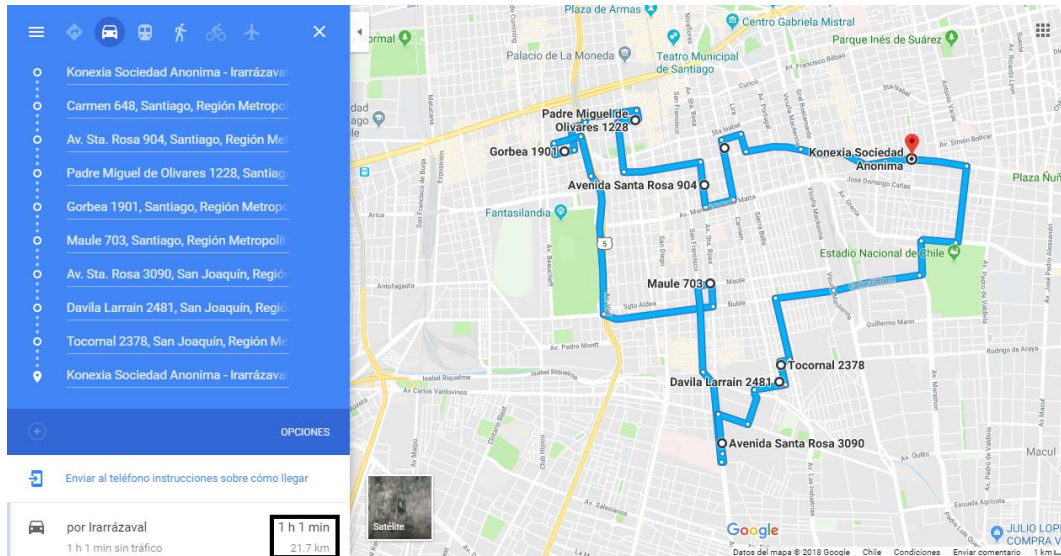


Figura 4.24 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°13.

Elaboración Propia

- Clúster N°14

Tabla 4.38: Identificación de los Nodos del Clúster N°14

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazával 1408, Ñuñoa
5	Maturana 1198, Santiago
6	Huérfanos 2698, Santiago
14	Río Baker 6360, Cerro Navia
44	San Pedro 2354, Cerro Navia
47	Emilio Campodónico 6311, Quinta Normal
48	Federico Engels 6222, Quinta Normal
120	Cueto 120, Santiago
121	Las Sophoras 108, Santiago, Estación Central
123	Conferencia 915, Santiago

Fuente: Elaboración Propia

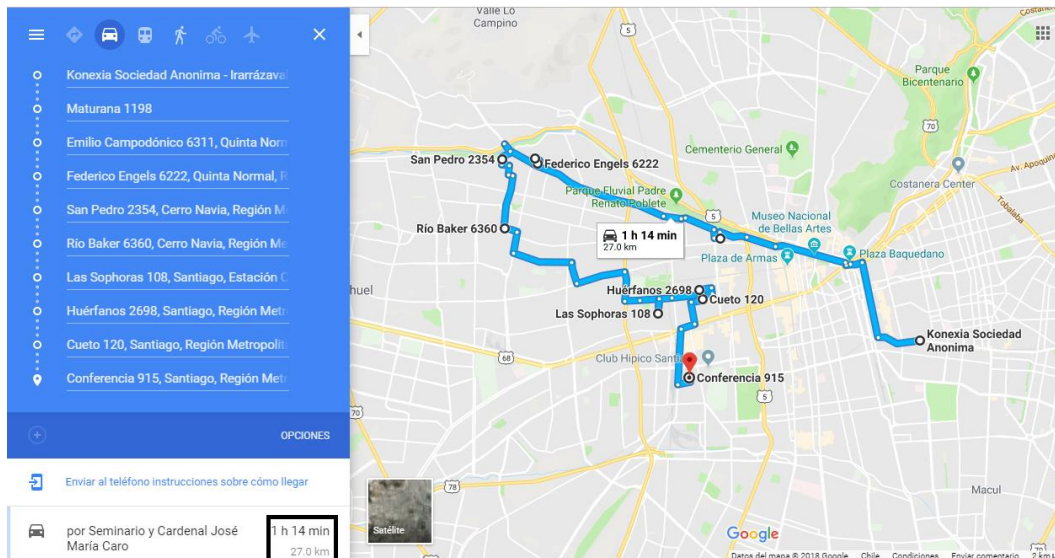


Figura 4.25 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°14.

Elaboración Propia

- Clúster N°15

Tabla 4.39: Identificación de los Nodos del Clúster N°15

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazábal 1408, Ñuñoa
24	José Domingo Cañas 2951, Ñuñoa
26	Av. Luis Thayer Ojeda 2396, Providencia
27	Eliodoro Yañez 810, Providencia
74	Parral 2420, Conchalí
84	Esther 3761, Conchalí
91	Los Alerces 5625, Huechuraba
108	Vasconia 1605, Providencia
109	Eduardo Castillo Velasco 2436, Ñuñoa

Fuente: Elaboración Propia

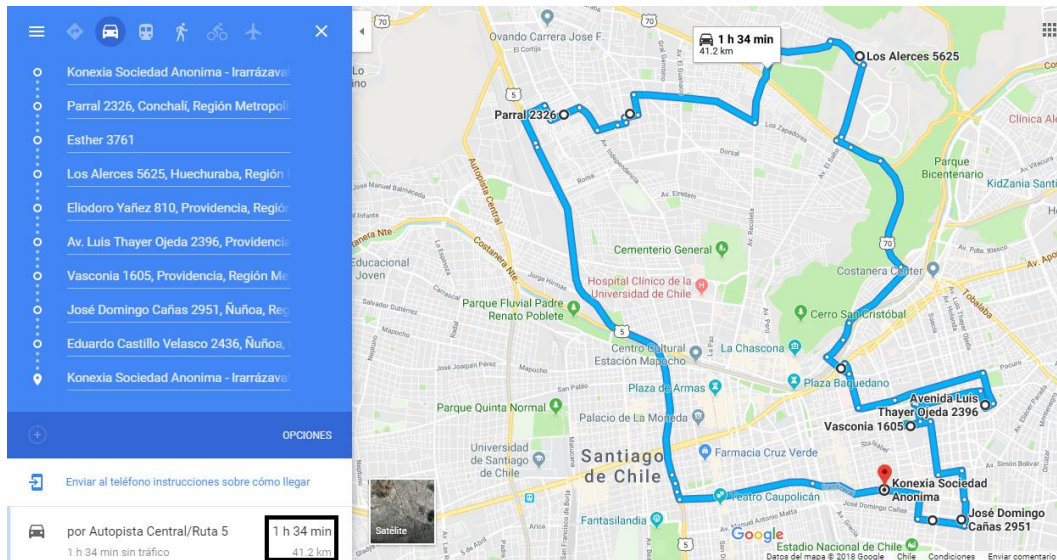


Figura 4.26 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°15.

Elaboración Propia

- Clúster N°16

Tabla 4.40: Identificación de los Nodos del Clúster N°16

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
93	Sotto Il Monte 1897, Vitacura
94	García de Torres 1572, Vitacura
95	Rinconada 8956, Vitacura
96	Romeral 9705, Vitacura
97	Golfo de Darien 10236, Las Condes
102	Camino El Huinganal 2809, Lo Barnechea
104	Cerro Negro 9051, Las Condes
105	La Guaira 7332, Las Condes

Fuente: Elaboración Propia

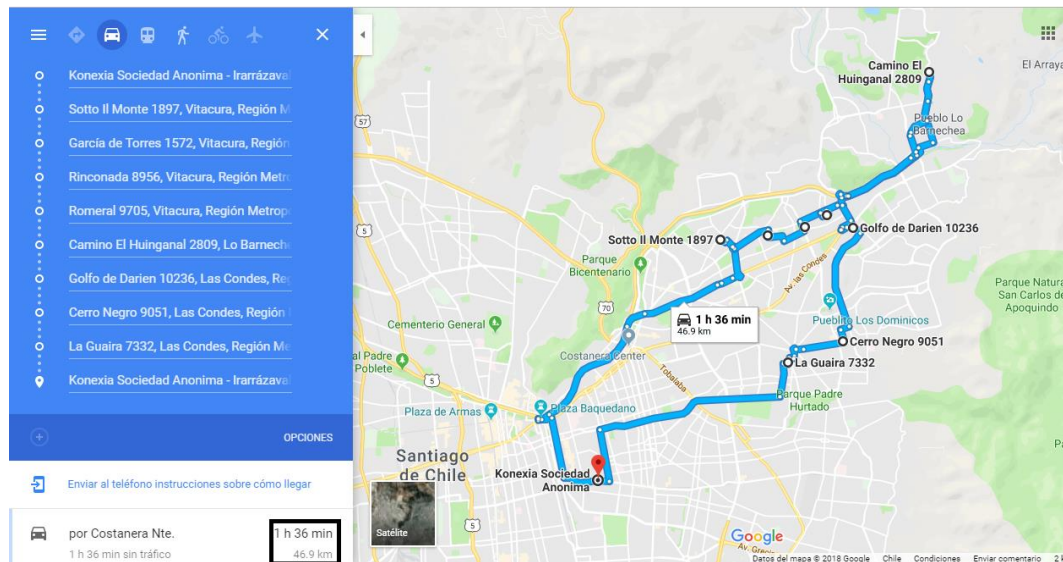


Figura 4.27 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°16.

Elaboración Propia

- Clúster N°17

Tabla 4.41: Identificación de los Nodos del Clúster N°17

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
1	Cristóbal Colón 6023, Las Condes
2	Hernando de Magallanes 153, Las Condes
13	Marcos Maturana 7201-7399, Lo Prado
15	Costa Rica 3409-3501, Conchalí
50	Herradura 5671, Renca
83	Irma 1437, Conchalí
89	El Lingue 633, Huechuraba
90	Rep de Sto Domingo 415, Huechuraba
92	Espoz 2682, Vitacura

Fuente: Elaboración Propia

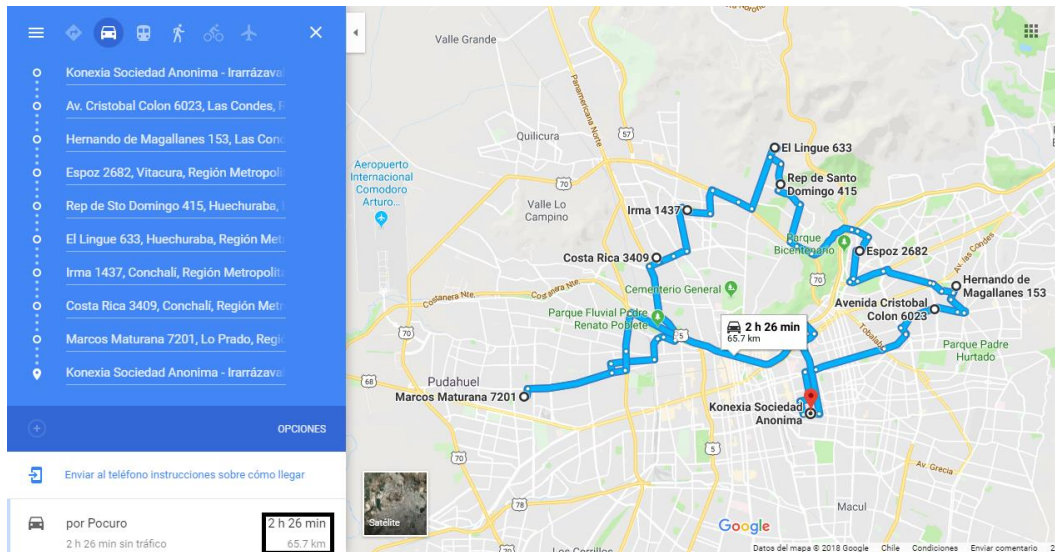


Figura 4.28 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°17.

Elaboración Propia

- Clúster N°18

Tabla 4.42: Identificación de los Nodos del Clúster N°18

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
33	Jaime Guzmán Errázuriz 8952, Pudahuel
34	Vía Naranja 9260, Pudahuel
35	Papa San Pedro 9424, Pudahuel
36	Tte Cobo 9400, Pudahuel
37	Chañarcillo 9338, Pudahuel
38	Ahorro 8470, Cerro Navia
41	Los Guiraos 8615, Cerro Navia
42	Lisboa 1789, Cerro Navia
43	Salvador Gutiérrez 7429, Cerro Navia

Fuente: Elaboración Propia

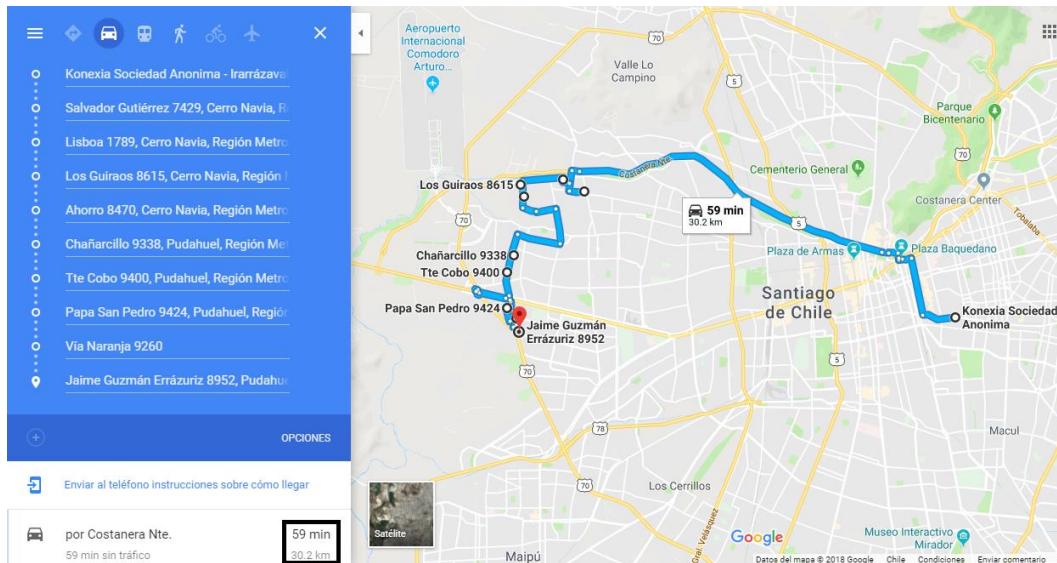


Figura 4.29 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°18.

Elaboración Propia

- Clúster N°19

Tabla 4.43: Identificación de los Nodos del Clúster N°19

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazával 1408, Ñuñoa
31	El Ulmo 8708-8700, Pudahuel
32	Isla de Pirque 359, Pudahuel
39	Panguipulli 8733, Cerro Navia
49	Los Azules 1167, Renca
55	Camino Lo Boza 7803, Renca
80	Los Franciscanos 1683, Huechuraba
81	Los Cedros 7539, Huechuraba
85	Anzani 1106, Recoleta
86	Austria 4334, Recoleta

Fuente: Elaboración Propia

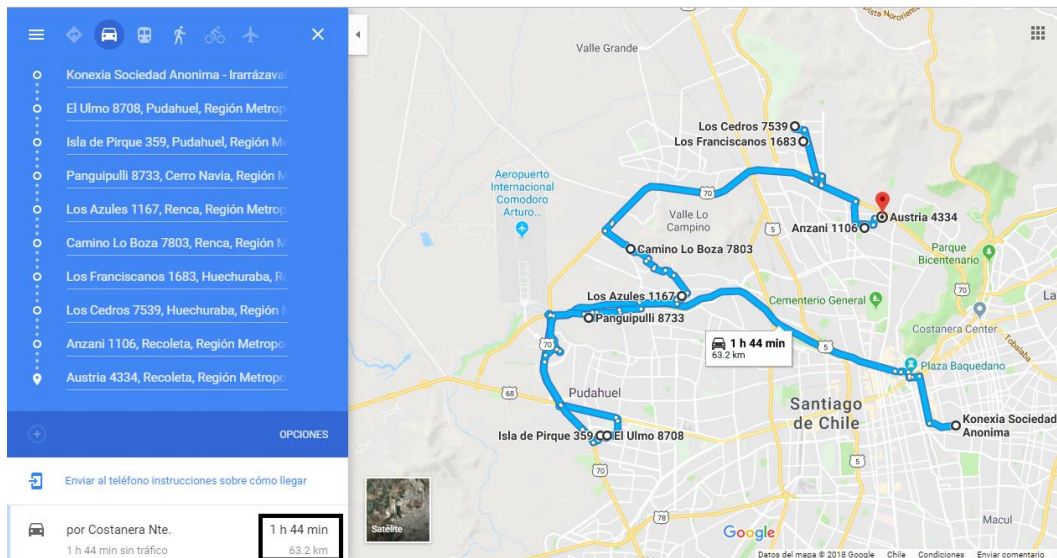


Figura 4.30 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°19.

Elaboración Propia

- Clúster N°20

Tabla 4.44: Identificación de los Nodos del Clúster N°20

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
53	Ignacio Andia 1741, Renca
54	Tambor Cabrales 1763, Renca
72	Ventana 514, Quilicura
75	Campanario 1720, Conchalí
76	Pedro Fontova 5301, Conchalí
77	Ferrada 5722, Conchalí
78	Huechuraba 1977, Conchalí
79	Pica 6667, Huechuraba
82	Bucalemu 1320, Conchalí

Fuente: Elaboración Propia

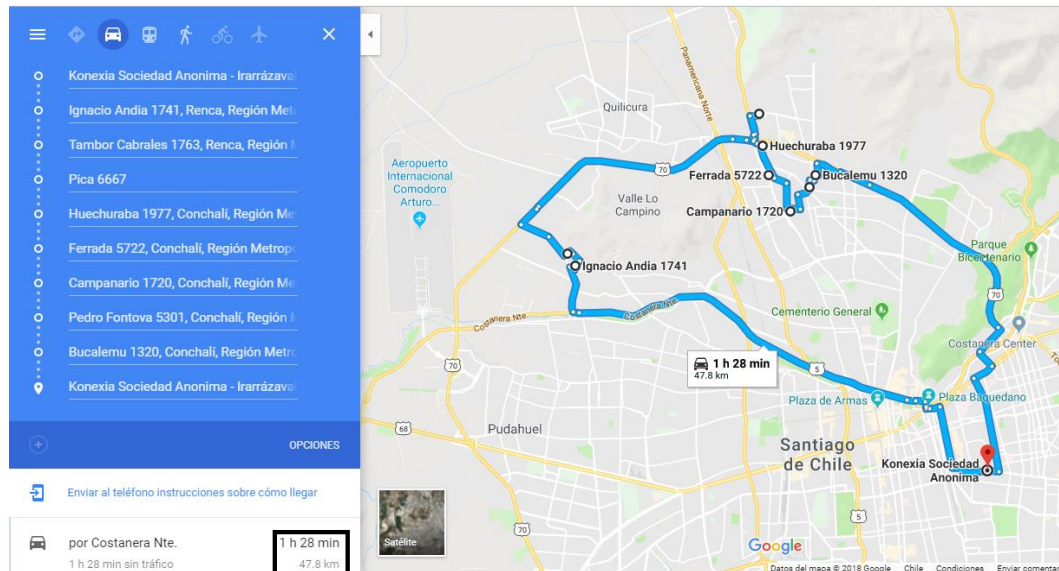


Figura 4.31 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°20.

Elaboración Propia

- Clúster N°21

Tabla 4.45: Identificación de los Nodos del Clúster N°21

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazával 1408, Ñuñoa
63	Lo Ovalle 480, Quilicura
64	Santiago de Compostela 495, Quilicura
65	Ing Antonio Baeza 467, Quilicura
66	El Acacio 0523, Quilicura
67	El Pimiento 1054, Quilicura
68	Cartagena de Indias 1088, Quilicura
69	Bello Horizonte 0355, Quilicura
70	Los Amerindios 1160, Quilicura
71	Calle Toro 1450, Quilicura
73	Lota 1563, Renca

Fuente: Elaboración Propia

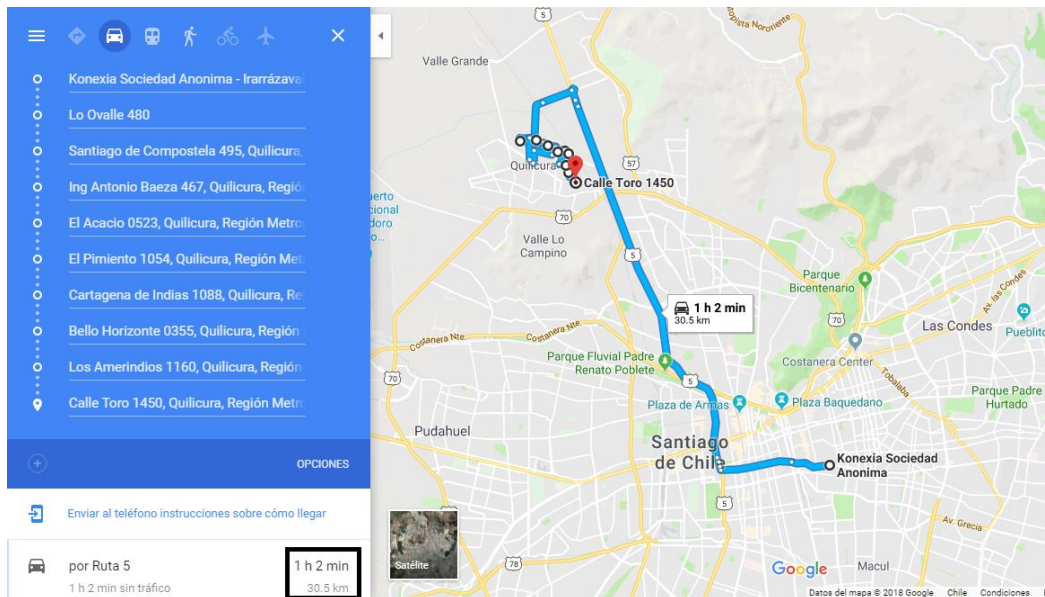


Figura 4.32 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°21.

Elaboración Propia

- Clúster N°22

Tabla 4.46: Identificación de los Nodos del Clúster N°22

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
40	Educación 8379, Cerro Navia
51	Morritos 5670, Renca
52	Quillay 6001, Renca
56	Pasaje Alcaldesa Elisa Alvarez 567, Quilicura
57	Chipana 570, Quilicura
58	Volcán Tupungatito 552, Quilicura
59	Pto Bertran 810, Quilicura
60	Everest 360, Quilicura
61	Los Cárpatos 914, Quilicura
62	Estadio Oyarzún 495, Quilicura

Fuente: Elaboración Propia

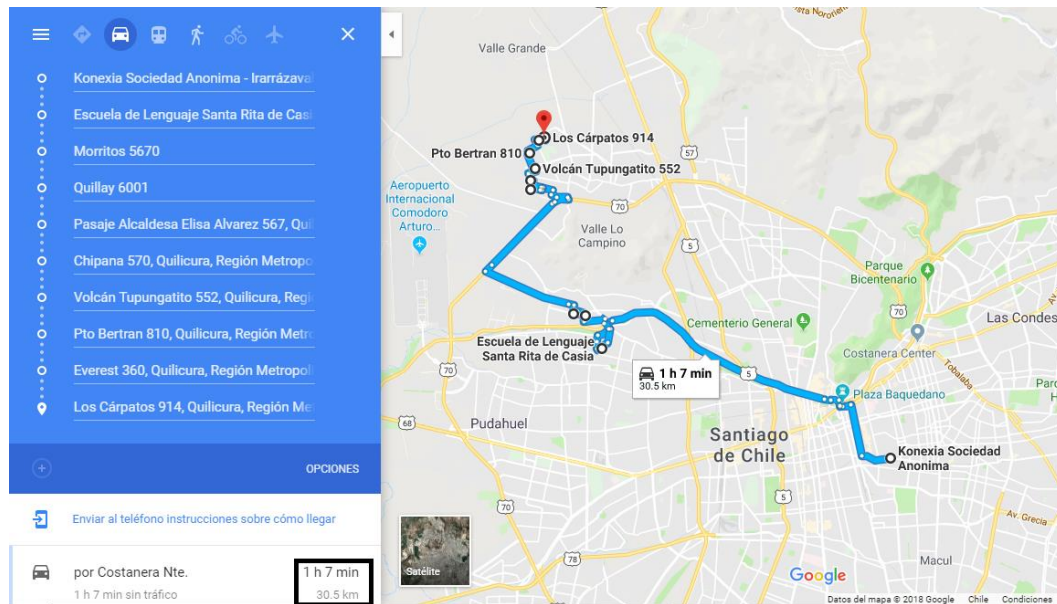


Figura 4.33 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°22.

Elaboración Propia

- Clúster N°23

Tabla 4.47: Identificación de los Nodos del Clúster N°23

Nodo	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
0	Konexia Sociedad Anónima - Irrazaval 1408, Ñuñoa
45	Rodolfo Mondolfo 6846, Quinta Normal
46	Anunciación 6599, Quinta Normal
87	Inés de Suárez 847, Huechuraba
88	El Bordo 5925, Huechuraba
98	El Canelillo 466, Las Condes
99	Camino La Viña 12480, Las Condes
100	Robles 12532, Lo Barnechea
101	Rubén Barrales Int 1627, Lo Barnechea
103	Calle Los Pumas 12018, Las Condes

Fuente: Elaboración Propia

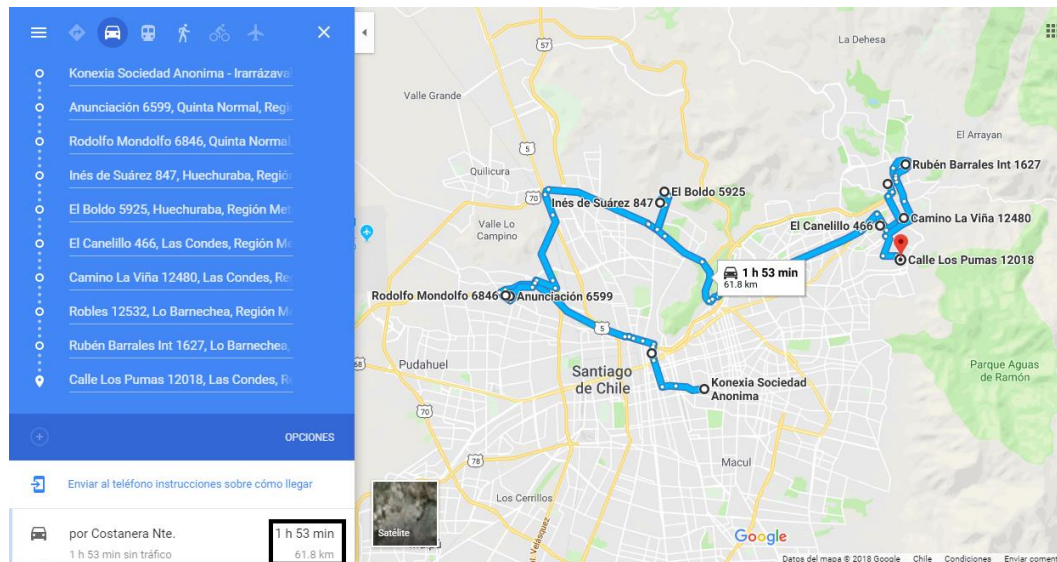


Figura 4.34 – Obtención de la ruta sugerida por medio de la herramienta Google Maps para el Clúster N°23.

Elaboración Propia

5. Resultados Obtenidos

5.1 Análisis de resultados obtenidos

Mediante la propuesta realizada, los despachadores se ven en la obligación de volver al punto de partida, es decir, a las instalaciones de la empresa. Esto permite tener un mejor control del tiempo que dedica a la entrega de productos y servicios. Además, permite eliminar los tiempos asociados al comienzo de cada jornada laboral, ya que, al estar en la obligación de volver al punto de partida, el despachador puede hacer entrega de toda la información necesaria, sin entorpecer su trabajo, logrando un mejor manejo de los recursos por parte de Konexia. Esto le permitiría al despachador, y si el tiempo es suficiente, poder realizar una nueva ruta, con las mismas condiciones que fueron planteadas en un comienzo.

En el interior del diseño del modelo existía la posibilidad de incluir restricciones, de tal manera que la cantidad de productos que se entregarán no excedieran los límites de capacidad de entrega, puesto que, el ideal es que el despachador haga entrega de los productos dentro de una jornada laboral normal, es decir, en un periodo de 8 horas. A pesar de ello, el tiempo de asignación de entrega es decidido finalmente por el despachador.

En relación a la cantidad de clúster que se deban utilizar, es posible señalar que su determinación será tomada en relación a la cantidad de despachadores con los que cuenta la empresa, además del nivel de entregas diarias que se efectúen.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Los resultados obtenidos en base a la metodología utilizada, permiten concluir que la aplicación de procedimientos heurísticos que implementen un proceso de programación de operaciones vehiculares puede presentar un comportamiento homogéneo y confiable ante diversas instancias de situaciones problemáticas reales del ruteo de vehículos.

Esto se puede ver reflejado por los resultados arrojados por parte del Software Lindo 6.1, el cual aunque presenta un pequeño margen de error en la distancia que conforma una ruta, en comparación con la generación de una ruta de manera experimental. Demuestra que de forma teórica, basándose en datos reales, se puede lograr hacer una correcta asignación de despacho.

En consecuencia, se logra demostrar que el modelo matemático que fue diseñado para este trabajo, tanto su función objetivo, como las respectivas restricciones, cumple con cabalidad. Permitiendo desarrollar sin inconvenientes el objetivo general, el cual requería diseñar un sistema de gestión de despacho con el fin de disminuir la cantidad de asignaciones no entregadas en la Región Metropolitana.

Todo lo mencionado anteriormente permite indicar que independiente de las circunstancias que se pueden presentar en la creación de una ruta de despacho, ya sean cantidad de nodos que conforman un cluster, distancia entre los clientes, tiempo de transporte entre nodos, etc., se logra encontrar la ruta más indicada que permita hacer entrega de los productos a cada uno de los clientes, logrando así cumplir con la misión que presenta la empresa y disminuyendo la cantidad de entregas rechazadas por motivos de la empresa, tal y como se deseaba con el desarrollo de este trabajo de título,

Recomendaciones

Efectuar periódicamente mediciones sobre la calidad del servicio entregado por la empresa. Esto ayudaría a generar informes que permitan analizar cuáles son las debilidades que aquejan a la empresa, ya sea en los tiempos de entrega involucrados o en el servicio que es entregado por parte del despachador. Asimismo, esto ayudaría a realizar una retroalimentación y mejora continua de los procesos de la empresa, esenciales para sobresalir en el mercado.

Hacer periódicamente capacitaciones al personal, de manera que se mantengan actualizados con respecto a las nuevas formas de optimizar los procesos, principalmente los relacionados al despacho de productos.

Elaborar mediciones del número de entregas en distintas zonas de la Región Metropolitana. Esto permitirá tener un hito de evaluación sobre el desempeño de los despachadores, de manera de identificar elementos que disminuyen el resultado operacional de la empresa.

Al momento de solicitar la dirección de despacho hacia el cliente, buscar inmediatamente después las coordenadas de ubicación, tanto latitud como longitud, en Google Maps, permitiendo posteriormente agilizar el proceso de agrupación de nodos.

Establecer una base de datos con los registros de las direcciones de todos los despachos que se han realizado en la Región Metropolitana, las cuales deben poseer sus coordenadas de ubicación, tanto latitud como longitud, lo cual permitirá agrupar de una manera más rápida y eficiente a los clientes según la proximidad que posean entre si y el centro de distribución de la empresa. La cantidad de grupos que se deban formar para la posterior conformación de la ruta de despacho, debe estar directamente conectada con la cantidad de despachadores que presente la empresa en la región. Todo esto ayudara a agilizar el proceso de agrupamiento de los clientes, ya que, esta labor se debe efectuar diariamente.

Antes de establecer los centroides iniciales en la metodología de K-Means, es aconsejable ubicar los nodos dentro del mapa geográfico, para posteriormente elegir los centroides iniciales. Esto ayudaría considerablemente a disminuir el número de iteraciones que se deben realizar para poder encontrar el centroide final.

Si se muestran clúster con tiempos totales muy pequeños, se recomienda agruparlo con otro clúster, en donde sus centroides finales sean lo más cercanos posibles. Mientras que por otro lado, si un clúster presenta tiempos totales que exceden la jornada laboral, se recomienda volver a realizar un agrupamiento de este clúster, con el fin de que el despachador pueda hacer entrega de los productos sin problemas.

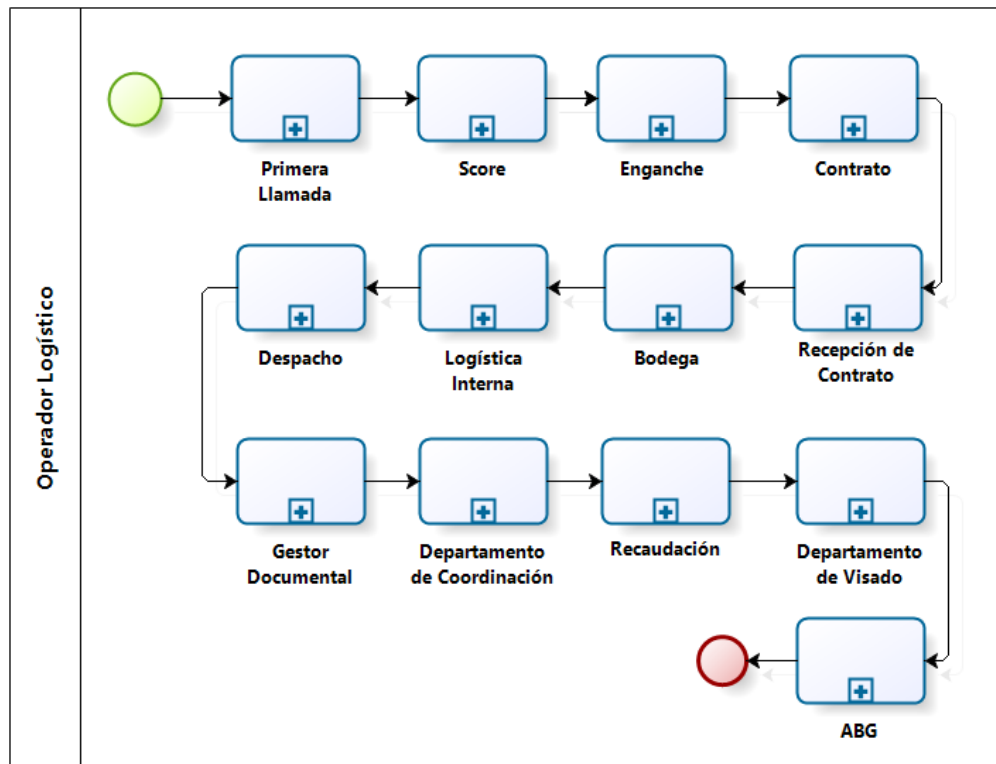
La solución planteada puede ser aplicada en cualquier otra región del país donde Konexia realiza la entrega de productos. No obstante, se debe considerar la relación costo beneficio, entre la demanda de productos, gastos de combustible, cantidad de despachadores por región, entre otros.

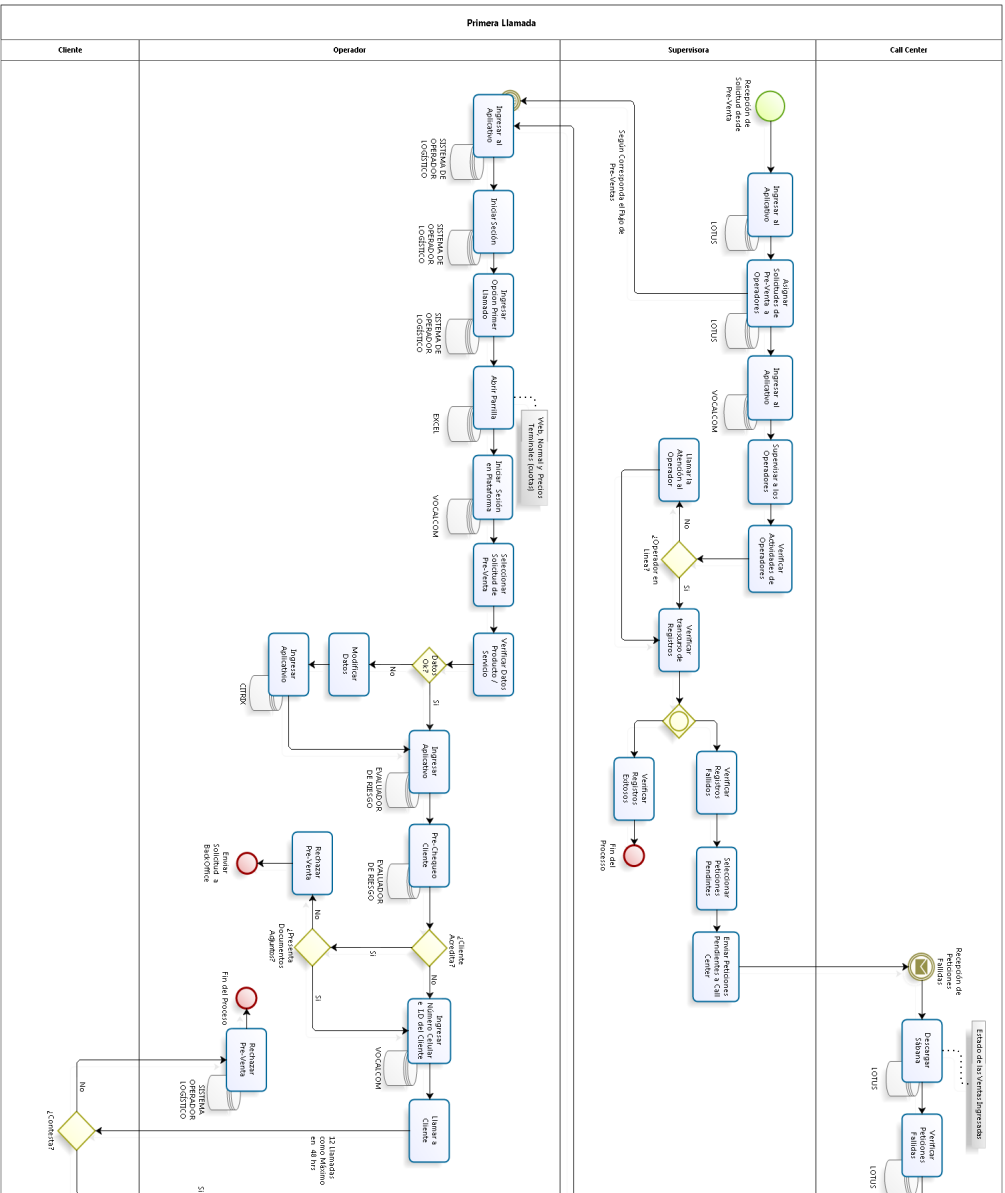
Bibliografía

- Applegate, D., Bixby, R., Chvatal V., Cook, W (1998). *On the solution of the Traveling Salesman Problem*. Pag. 645-656.
- Castellanos, A. (2009). *Manual de la Gestión Logística del Transporte y la Distribución de Mercancías*. Colombia: Ediciones Uninorte.
- Daza, J., Montoya, J., Narducci, F. (2009). *Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases*. Medellín, Colombia
- Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). (2009). *Despacho de Productos, Simulación Dinámica*. Guayaquil, Ecuador
- Díaz, C., Salas, N. (2015). *Diseño y validación de un modelo determinístico para las distribución de productos bancarios utilizando K-Means Clustering*. Valparaíso, Chile.
- Hernández, Y. (2016). *Diseño de un sistema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos en empresas de transporte de carga por carretera*. Bogotá, Colombia.
- Konexia. (2016). *Manual de Procedimientos del Departamento de Logística*.
- Maripanguí, J. (2009). *Rediseño del Proceso de Distribución de Productos para una empresa de Áridos*. Chile.
- Olivera, A. (2004). *Heurísticas para Problemas de Ruteo de Vehículos*. Uruguay.
- Pérez, F., Adela, M. (2011). *Propuesta del sistema logístico de distribución para las regionales Centro, Santander y Eje Cafetero de una empresa de consumo masivo*. Colombia.
- Quiroga, J. (2009). *Introducción a la Logística, La logística como herramienta de competitividad*.
- Vásquez, M. (2007). *Desarrollo de un framework para el problema de ruteo de vehículos*. Santiago, Chile.
- Wistuba, E. (2014). *Sistema de Gestión de Procesos de Despacho de Productos para Covepa*. Chile.

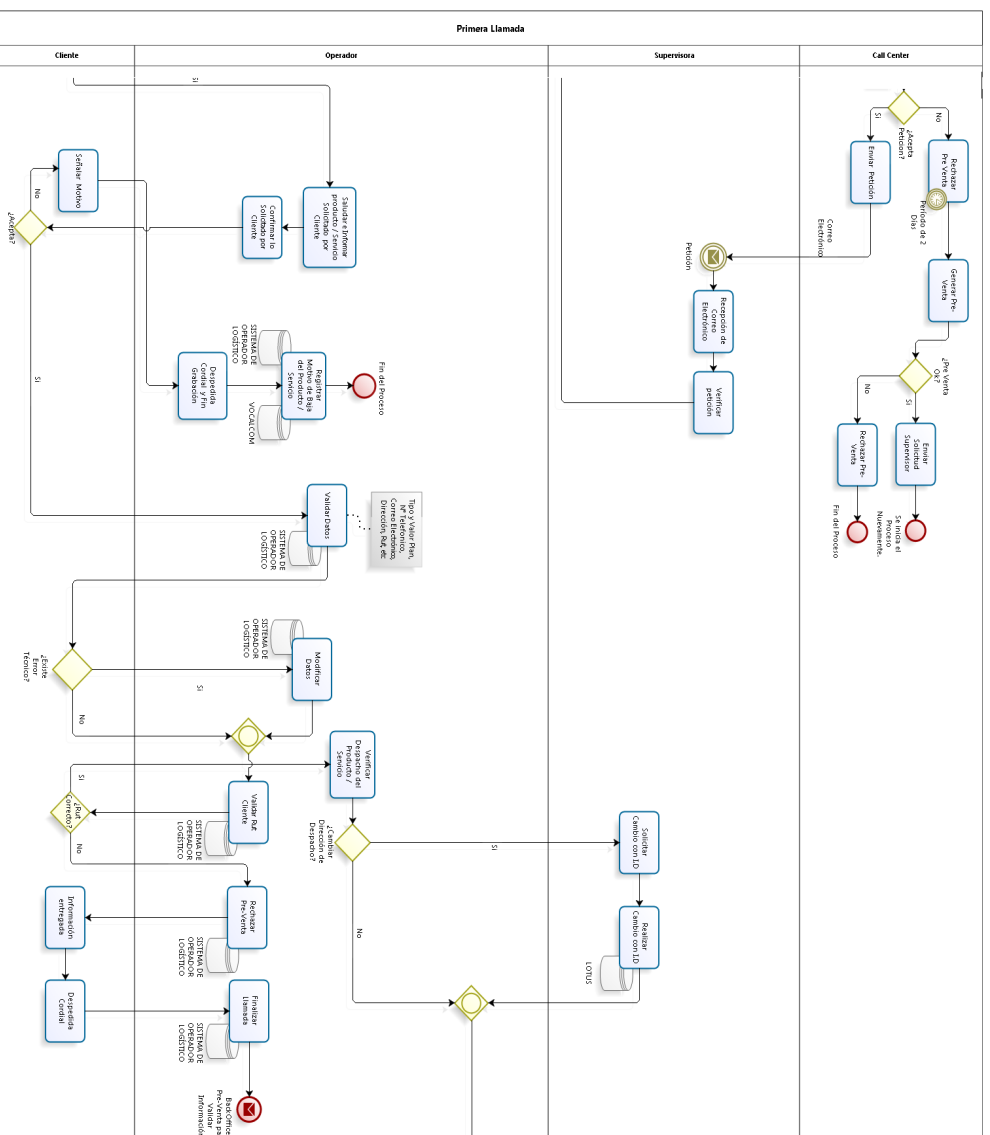
Anexos

Anexo A: Procesos del Operador Logístico

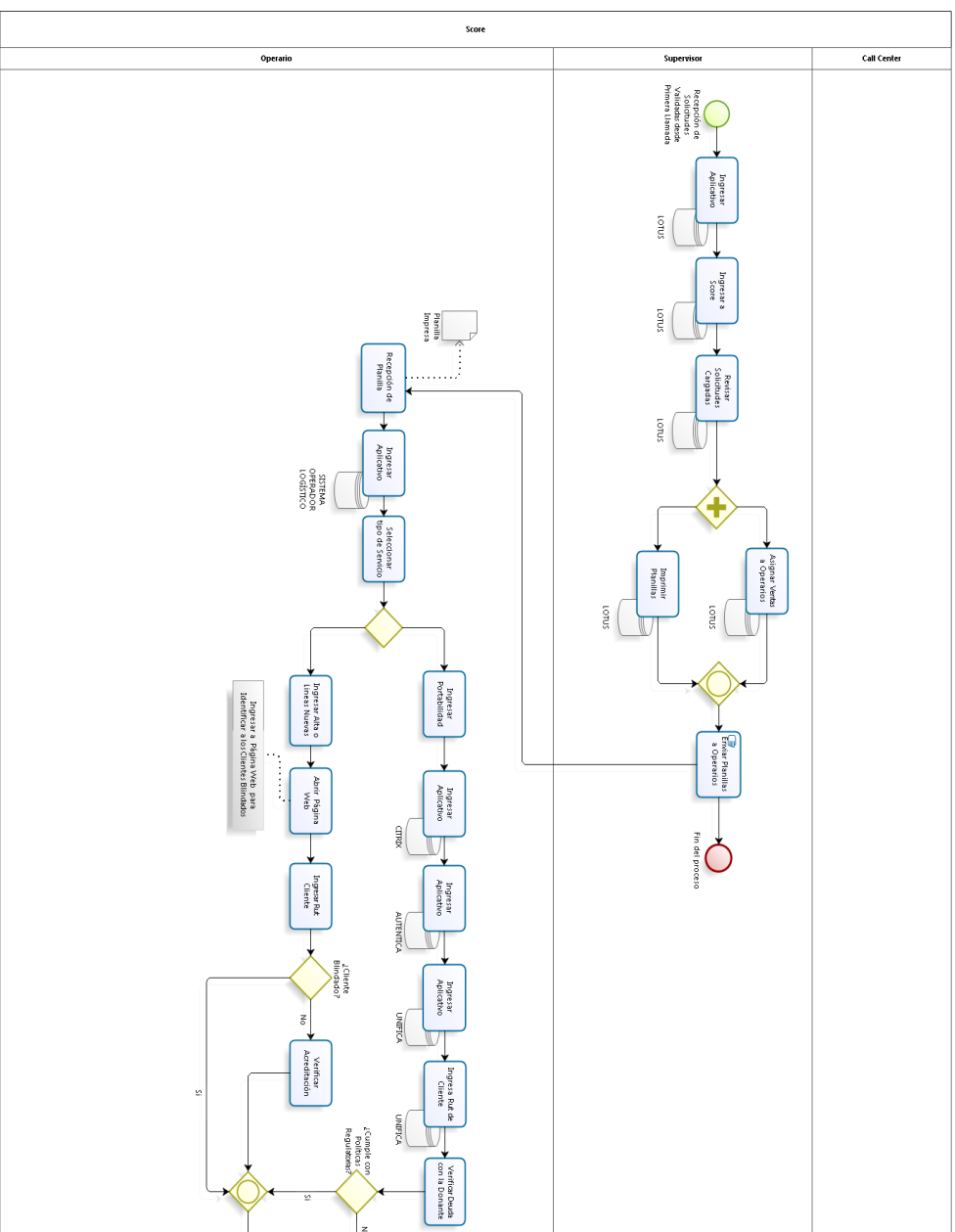




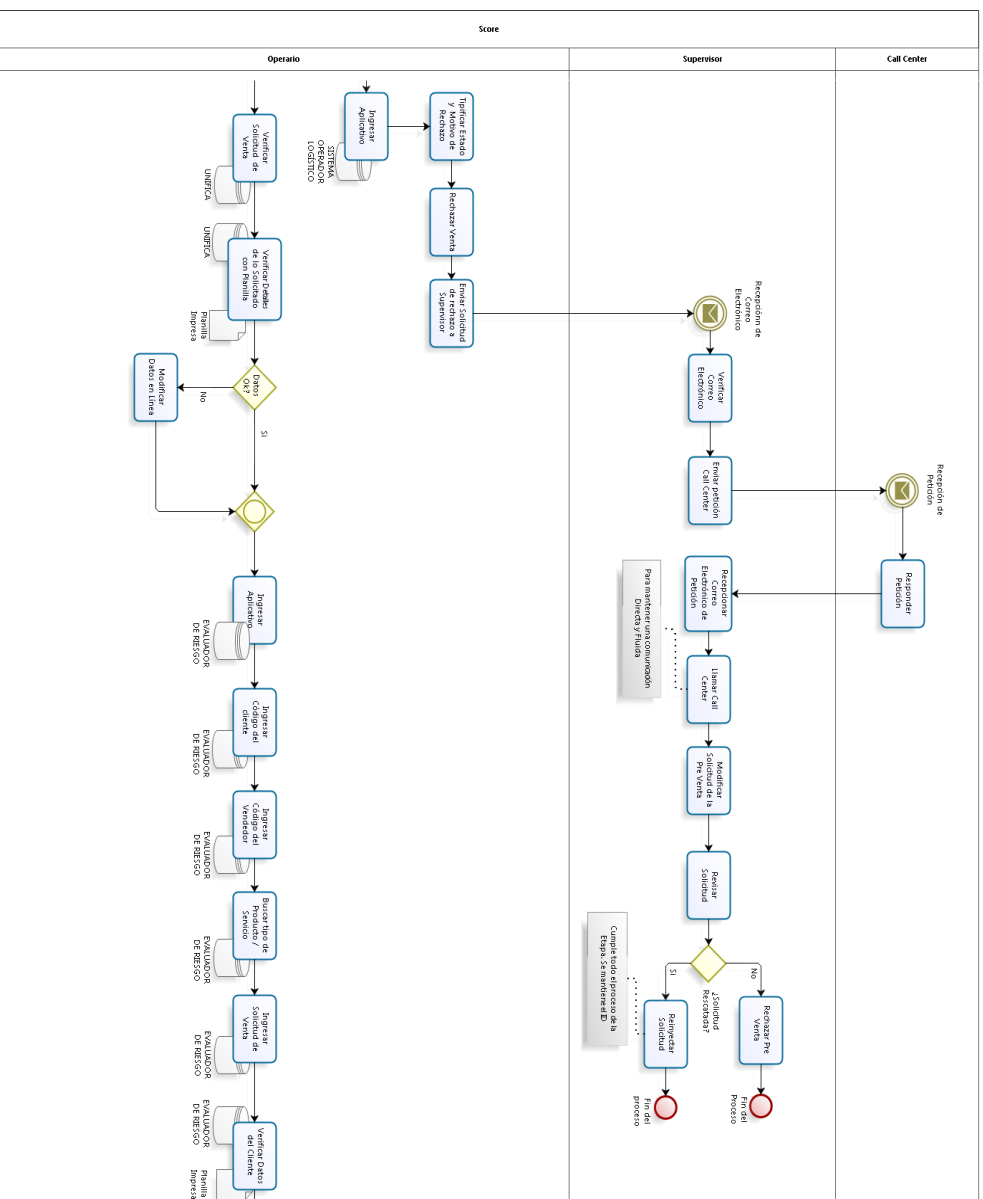
Proceso de Primera Llamada. Parte 1 de 3. Elaboración Propia.



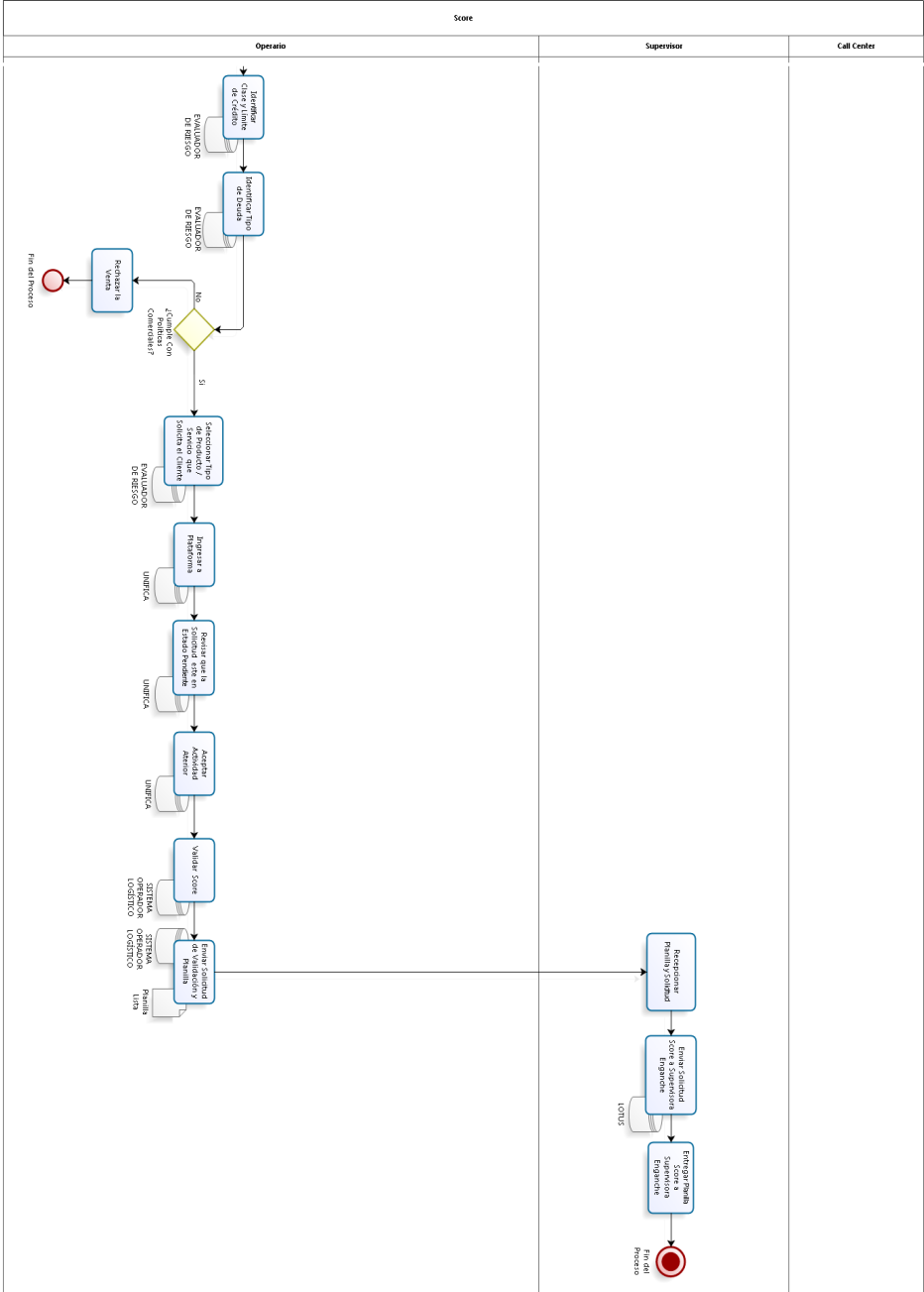
Proceso de Primera Llamada. Parte 2 de 3. Elaboración Propia.



Proceso de Score. Parte 1 de 3. Elaboración Propia.

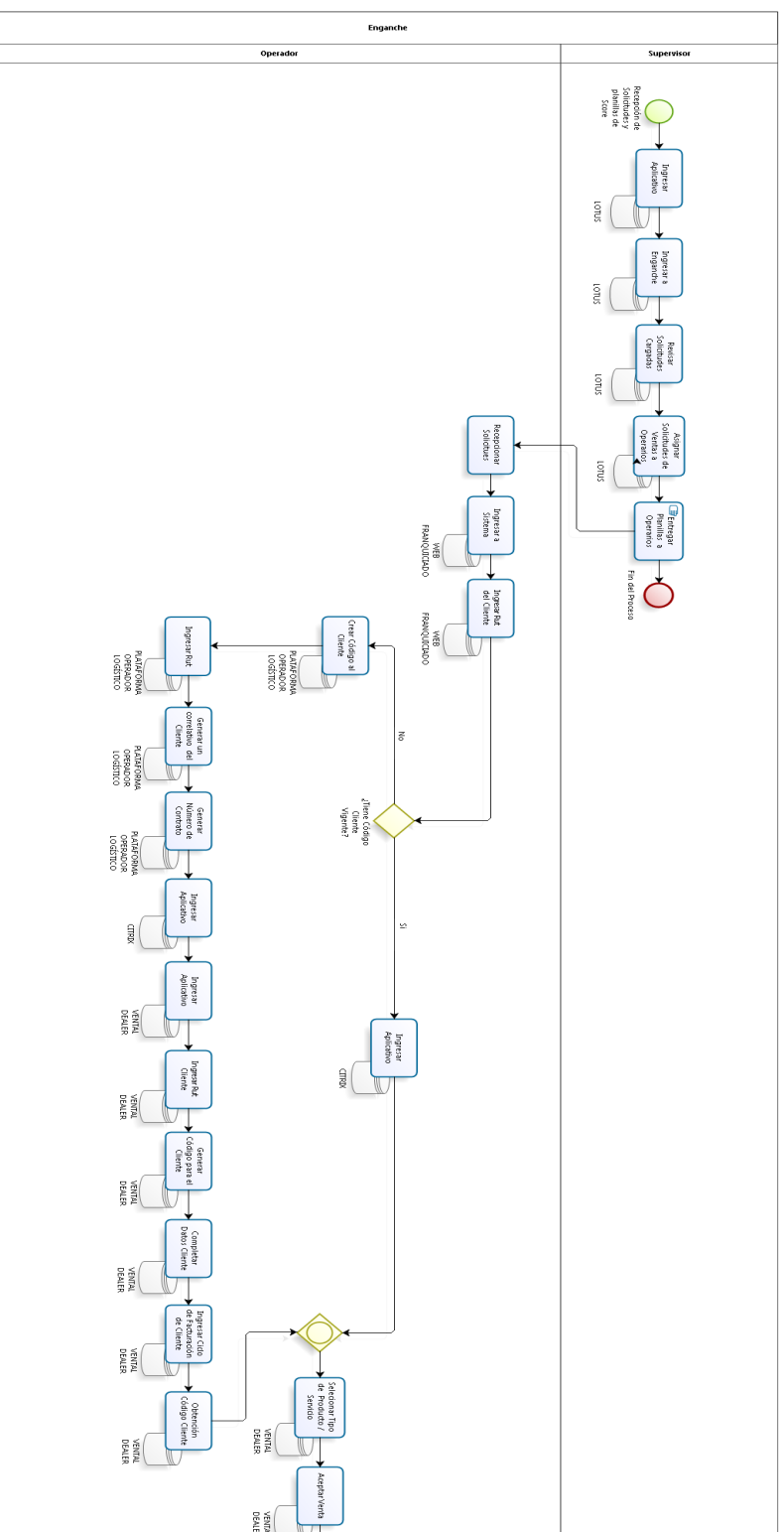


Proceso de Score. Parte 2 de 3. Elaboración Propia.

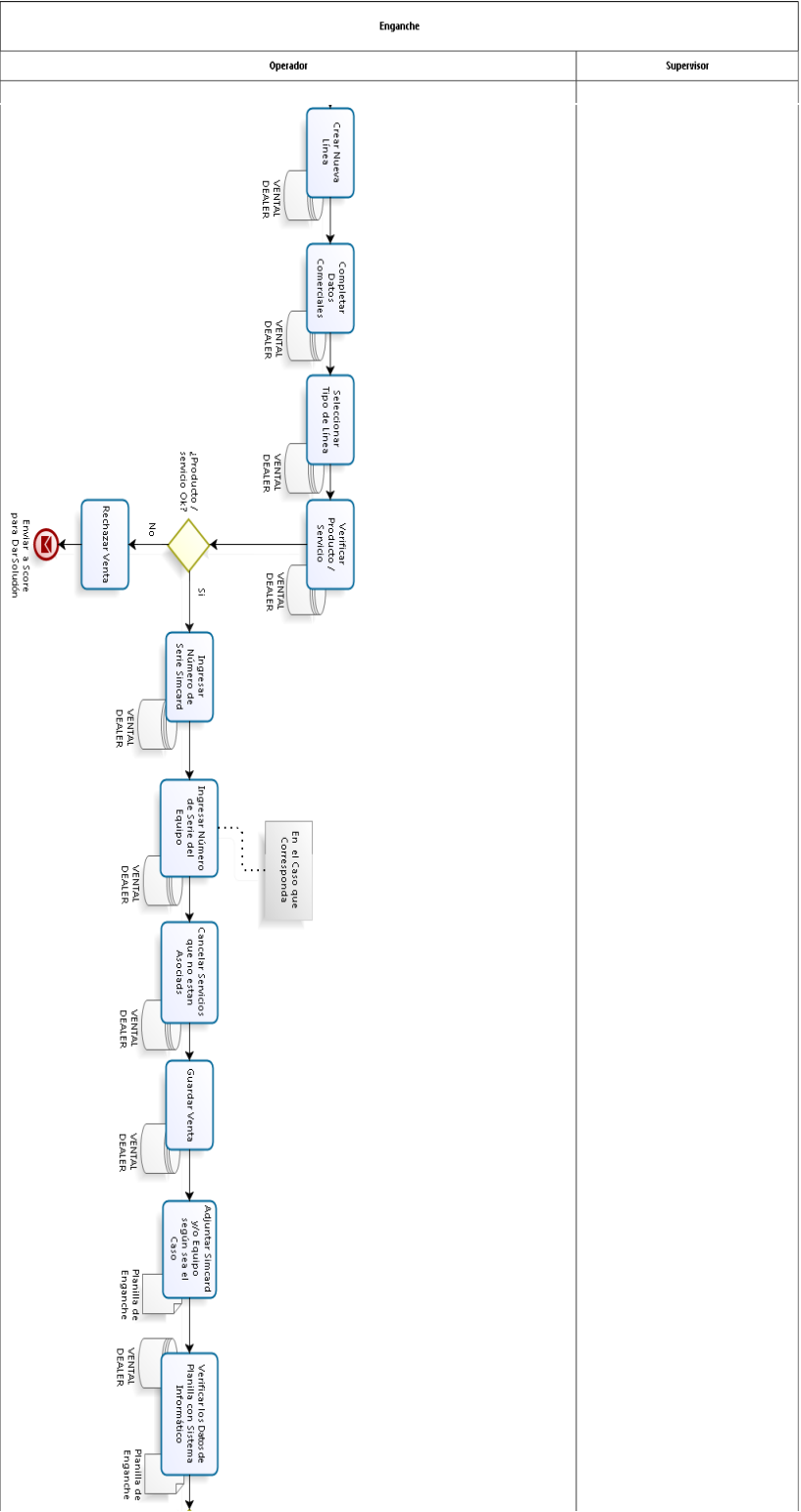


Proceso de Score. Parte 3 de 3. Elaboración Propia.

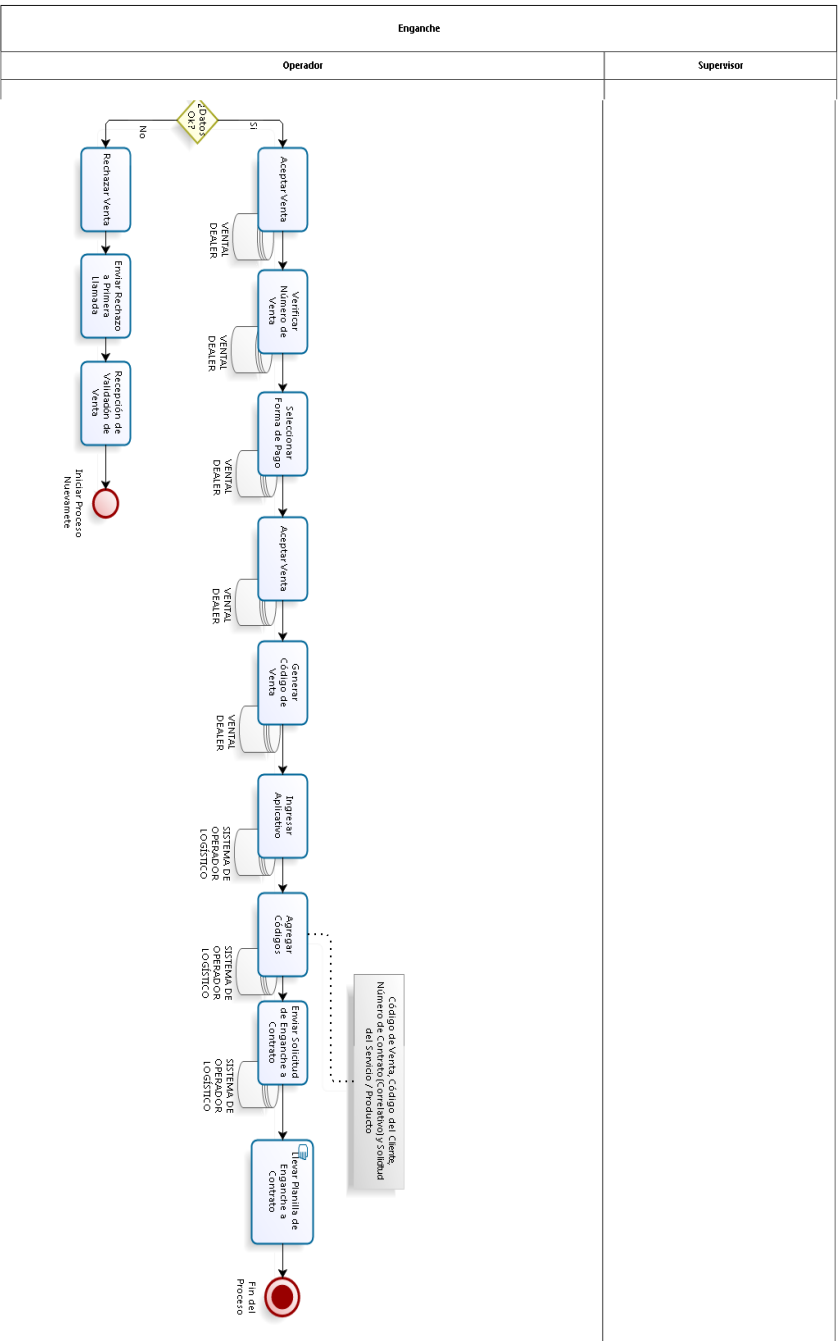




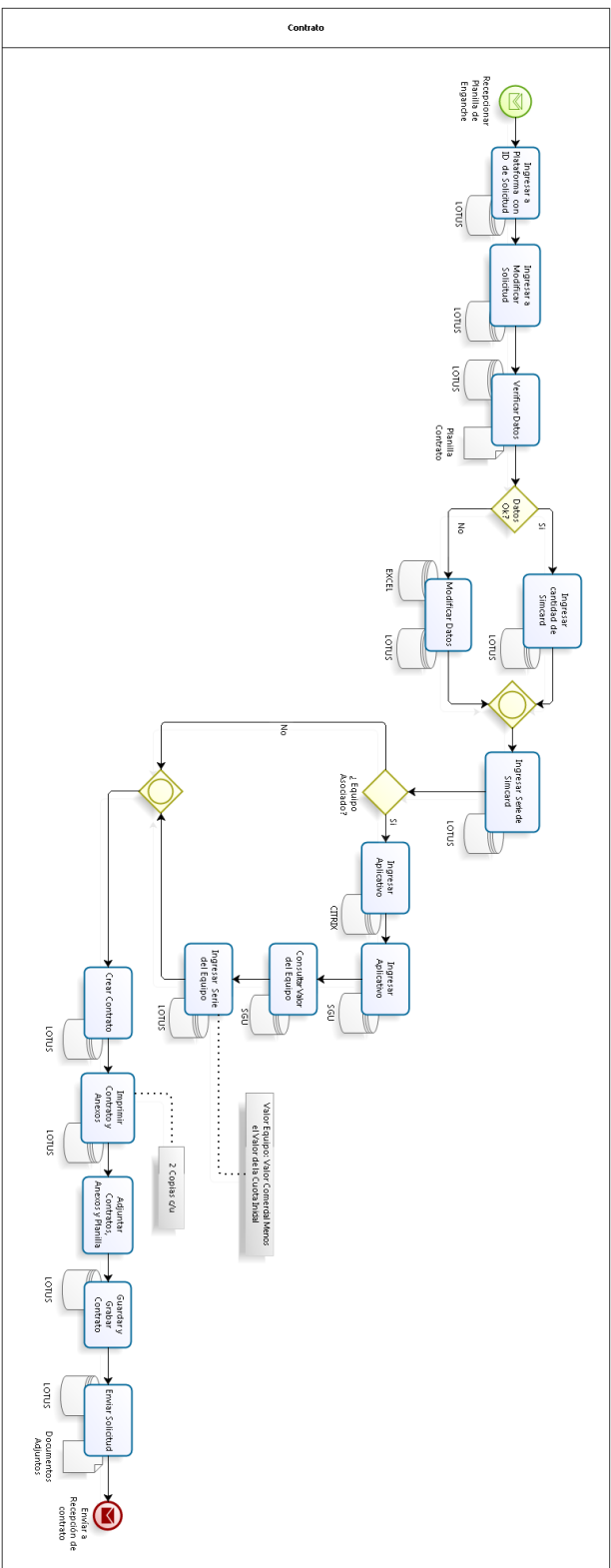
Proceso de Enganche. Parte 1 de 3. Elaboración Propia.



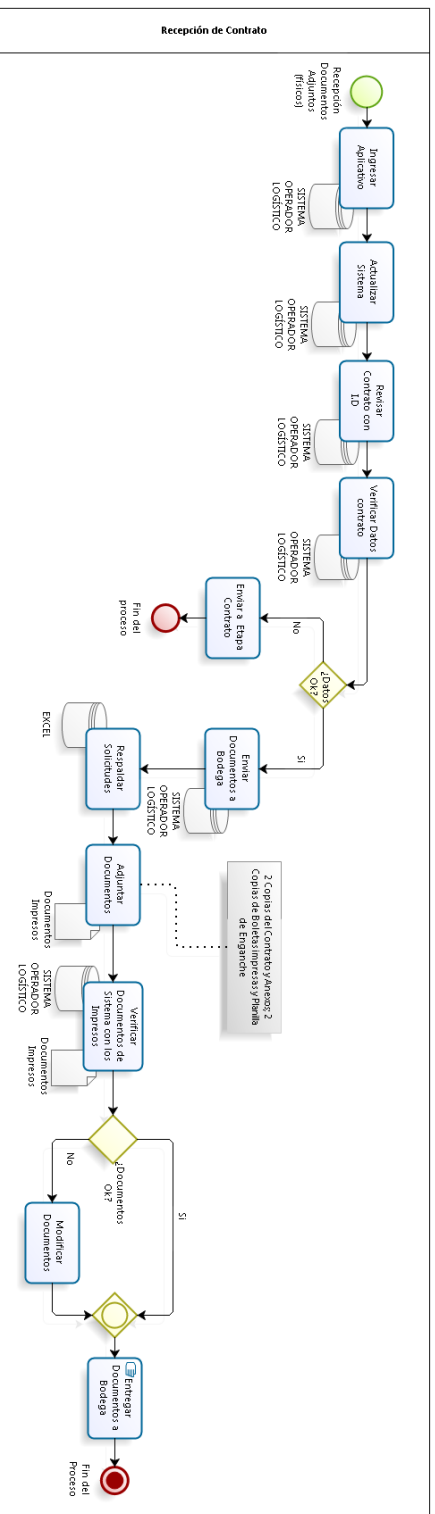
Proceso de Enganche. Parte 2 de 3. Elaboración Propia.

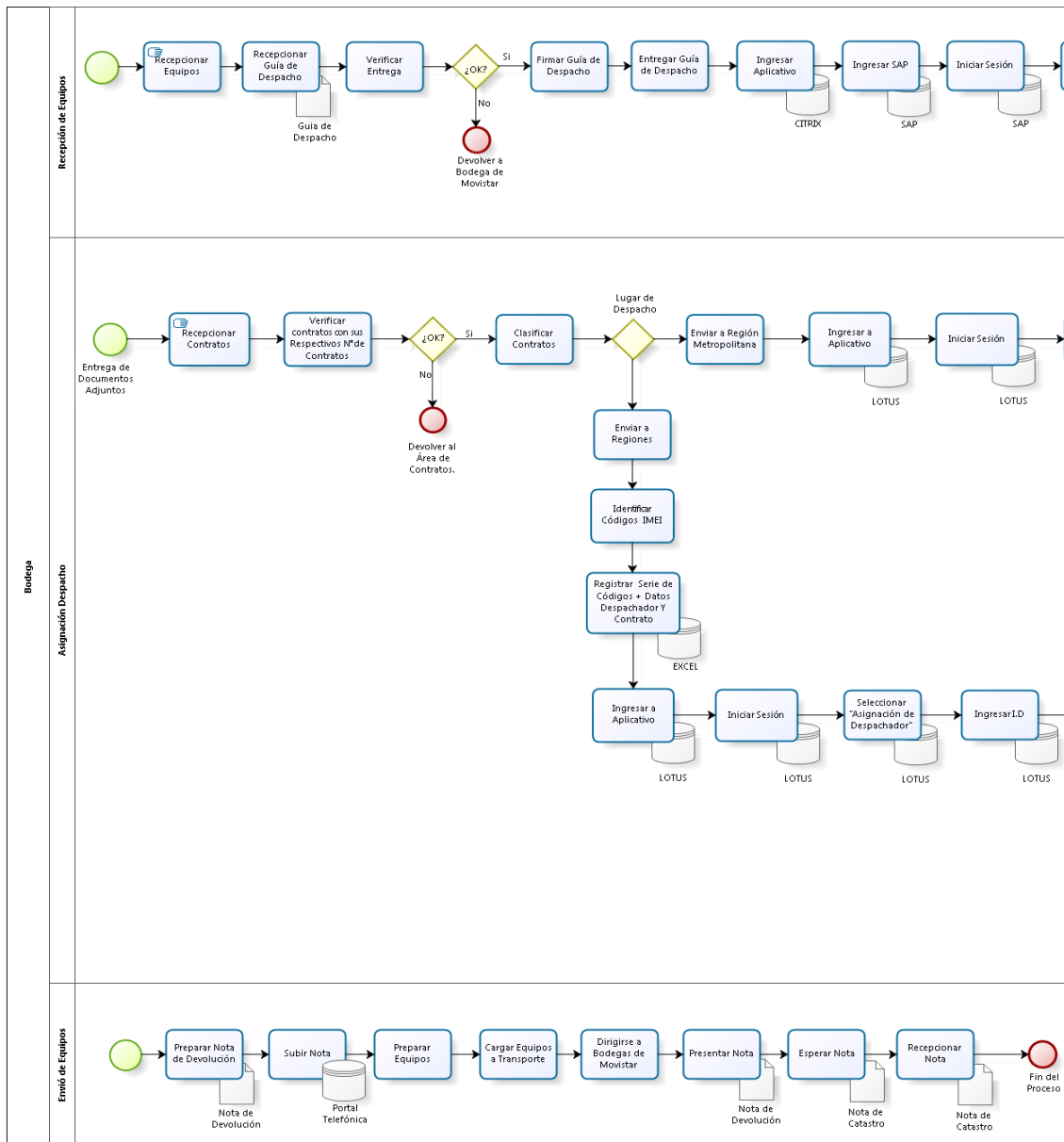


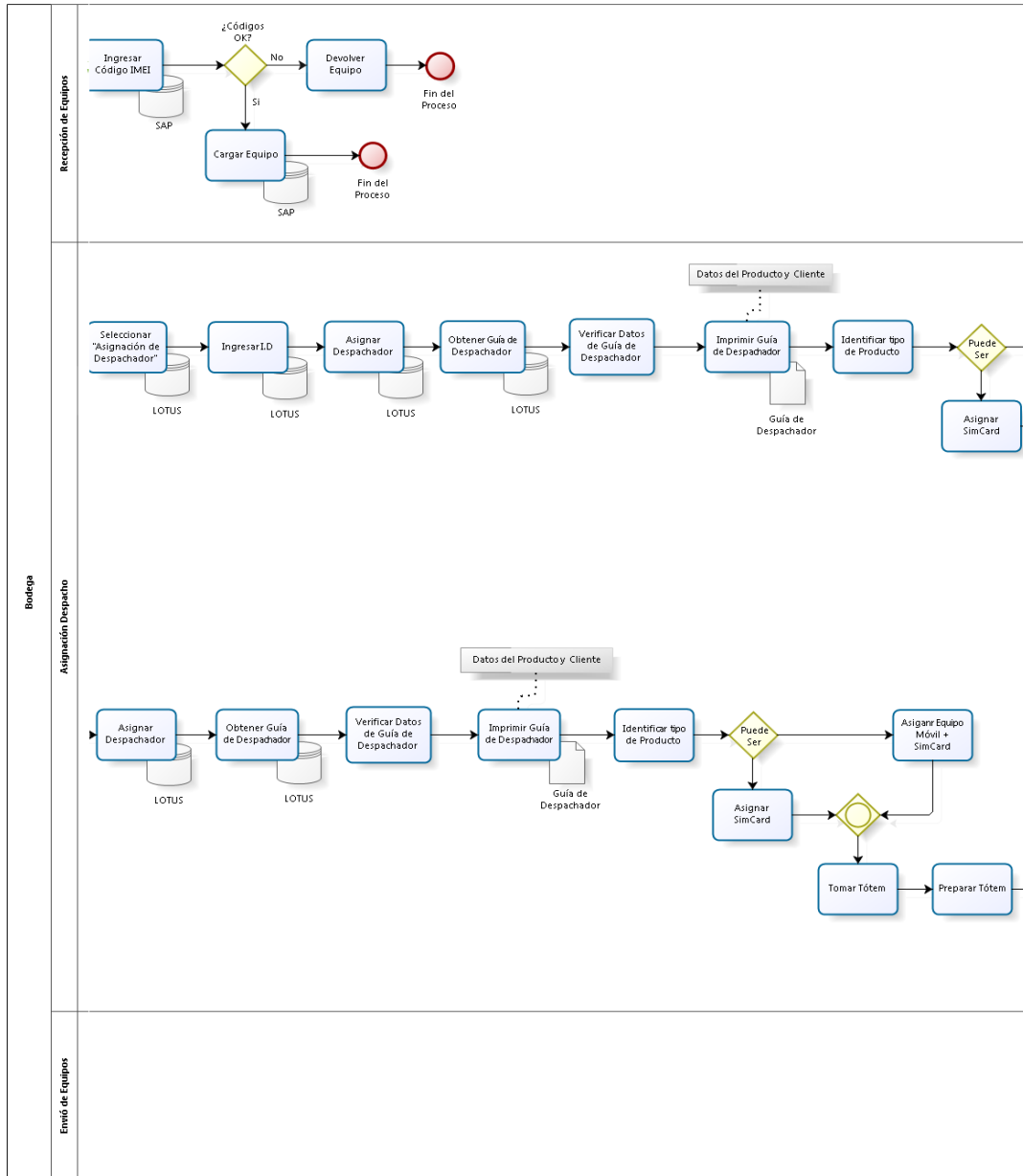
Proceso de Enganche. Parte 3 de 3. Elaboración Propia.

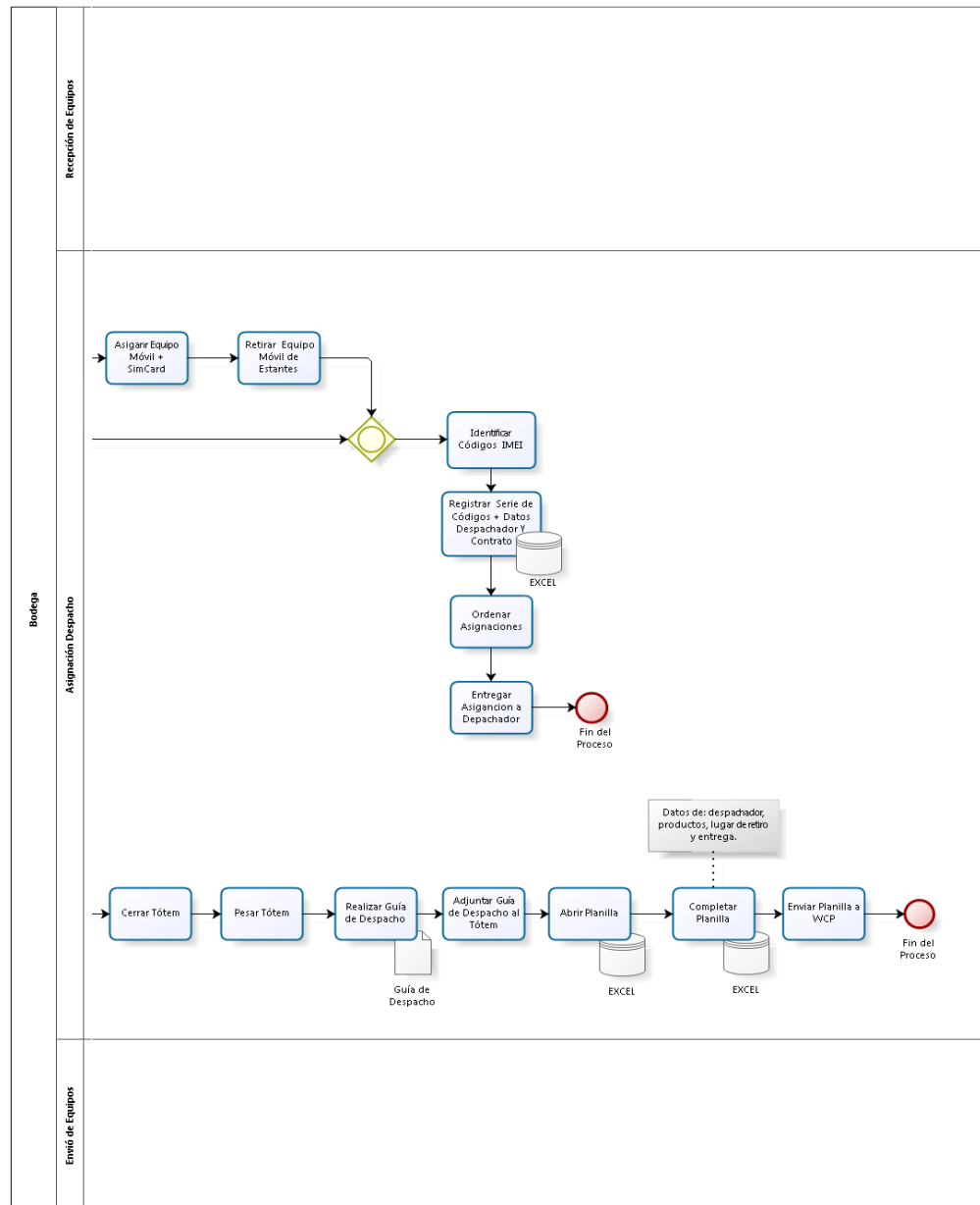


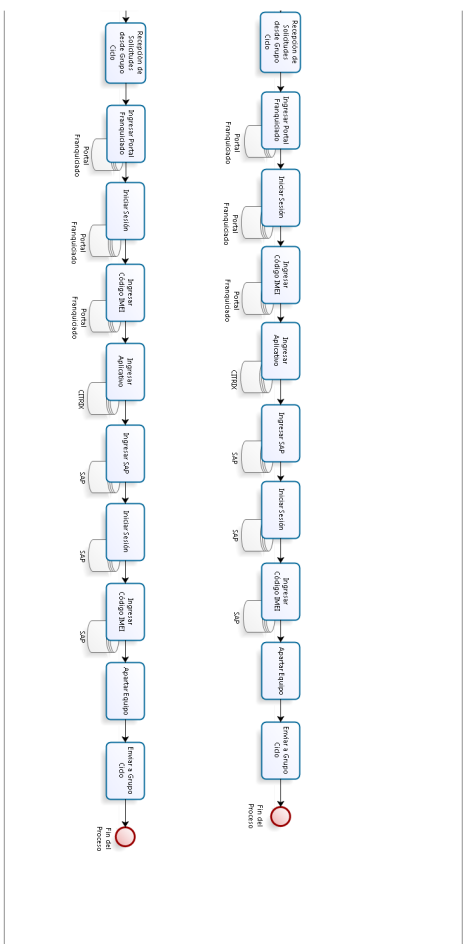
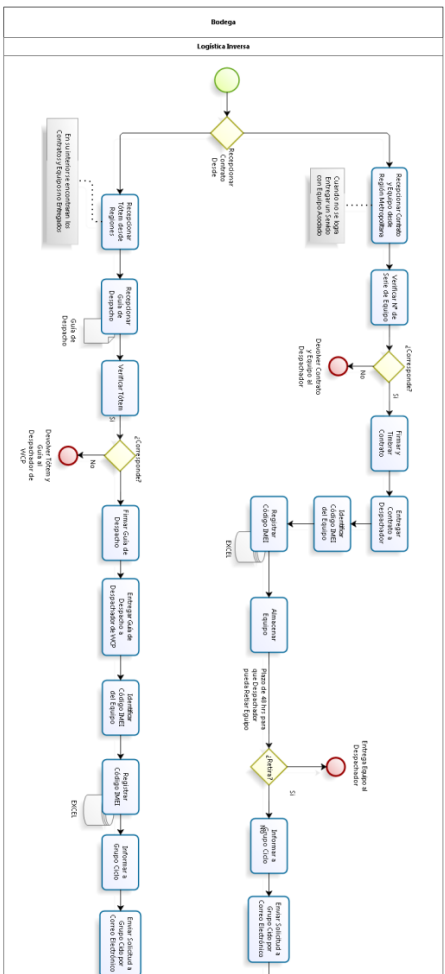
Proceso de Contrato. Elaboración Propia.

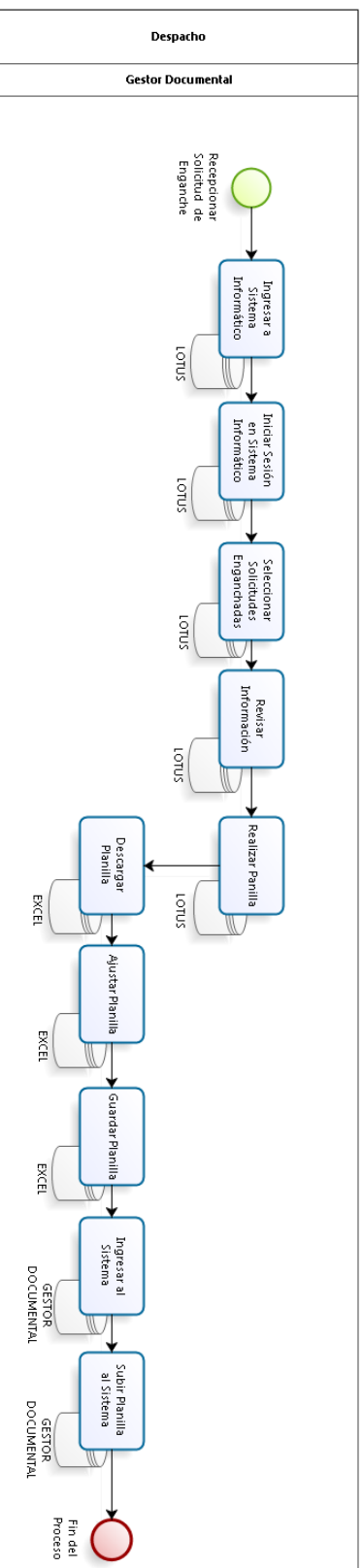


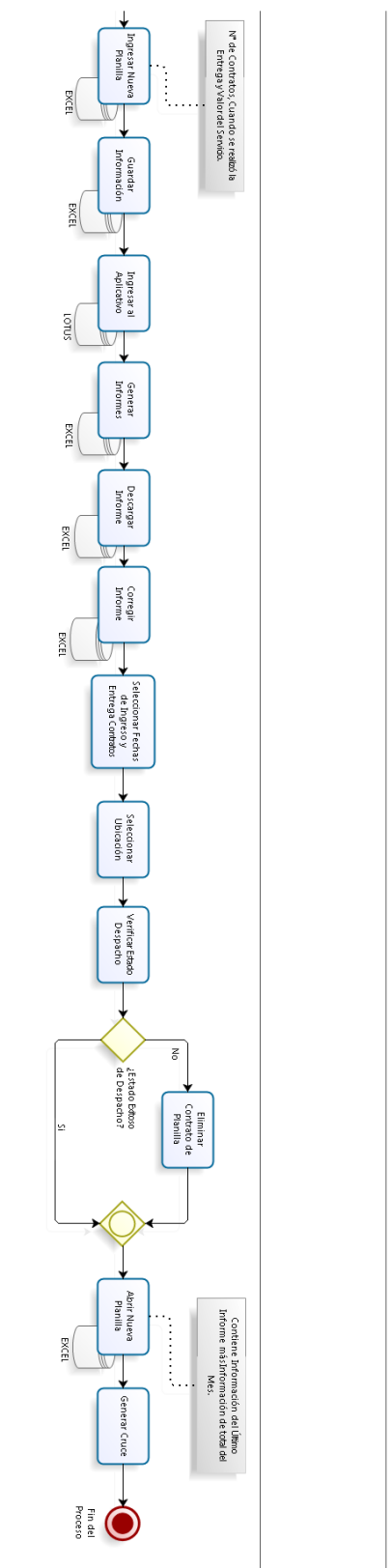
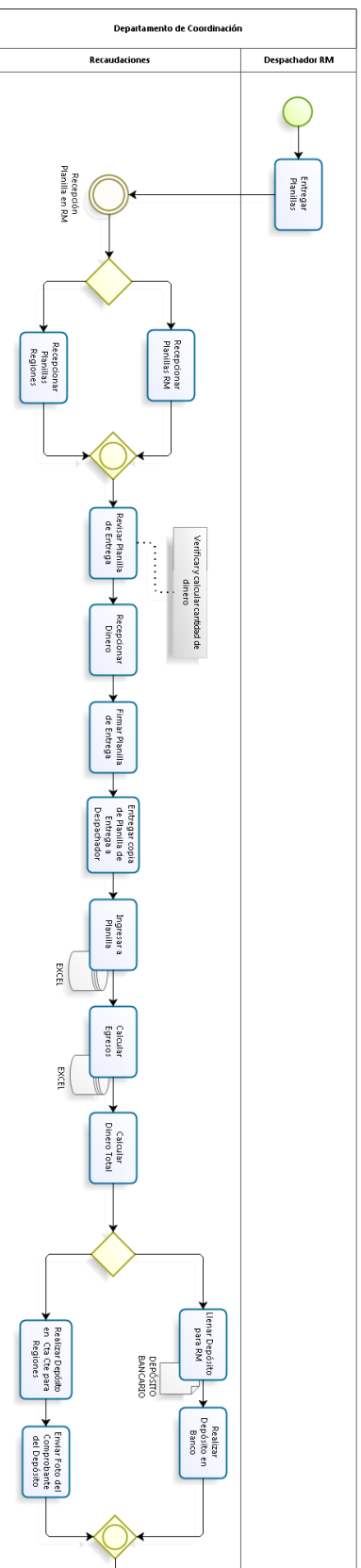


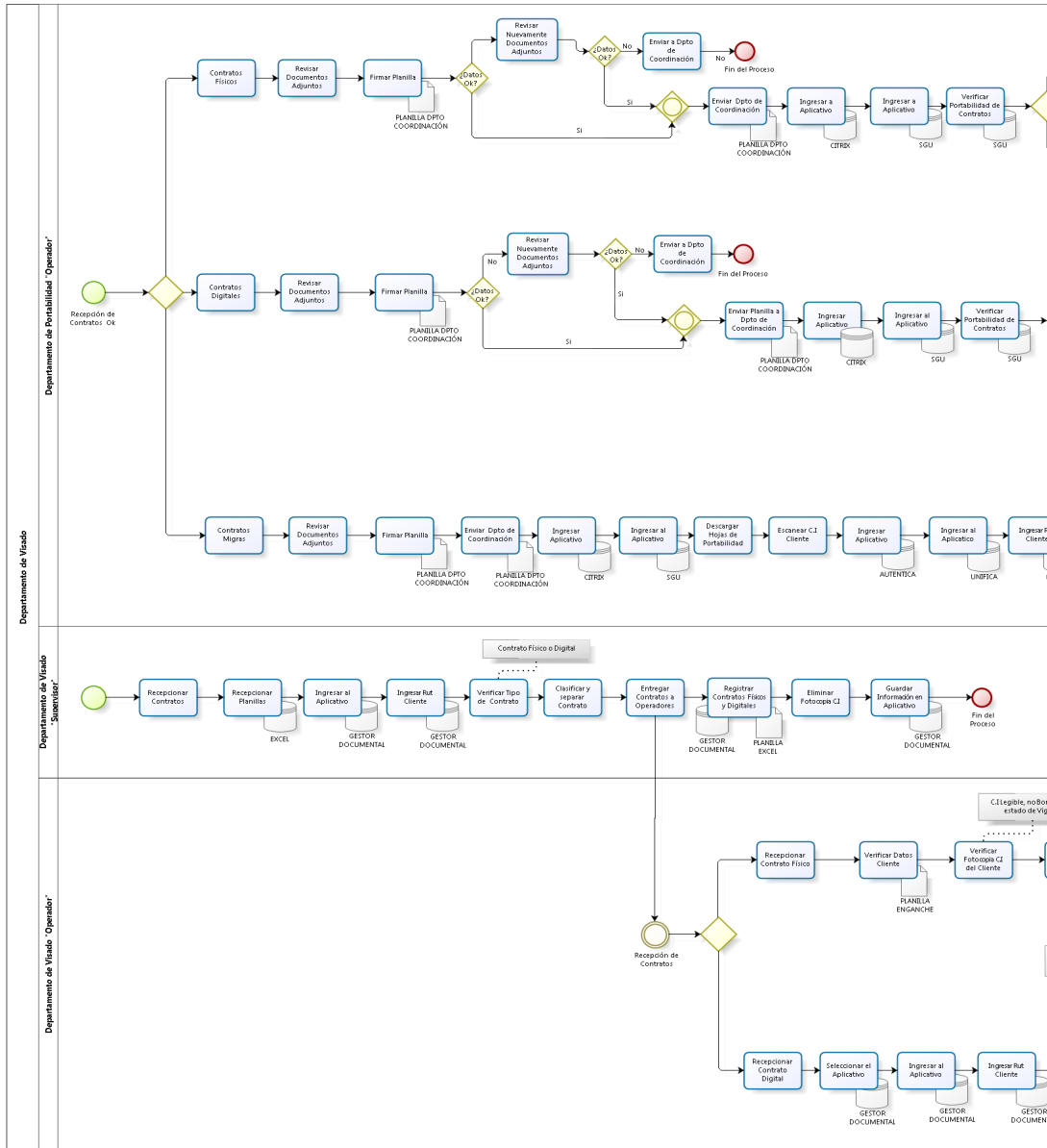


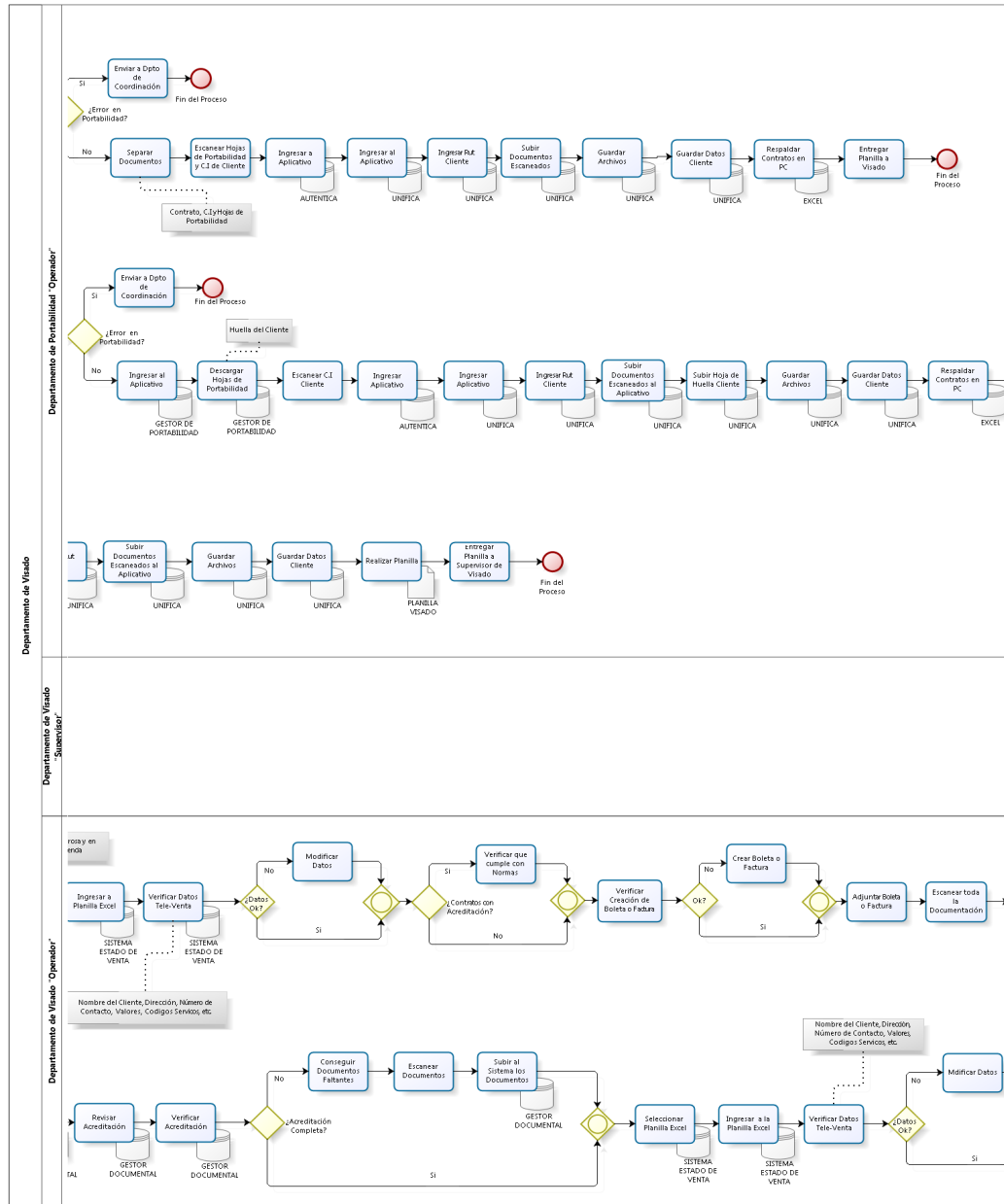


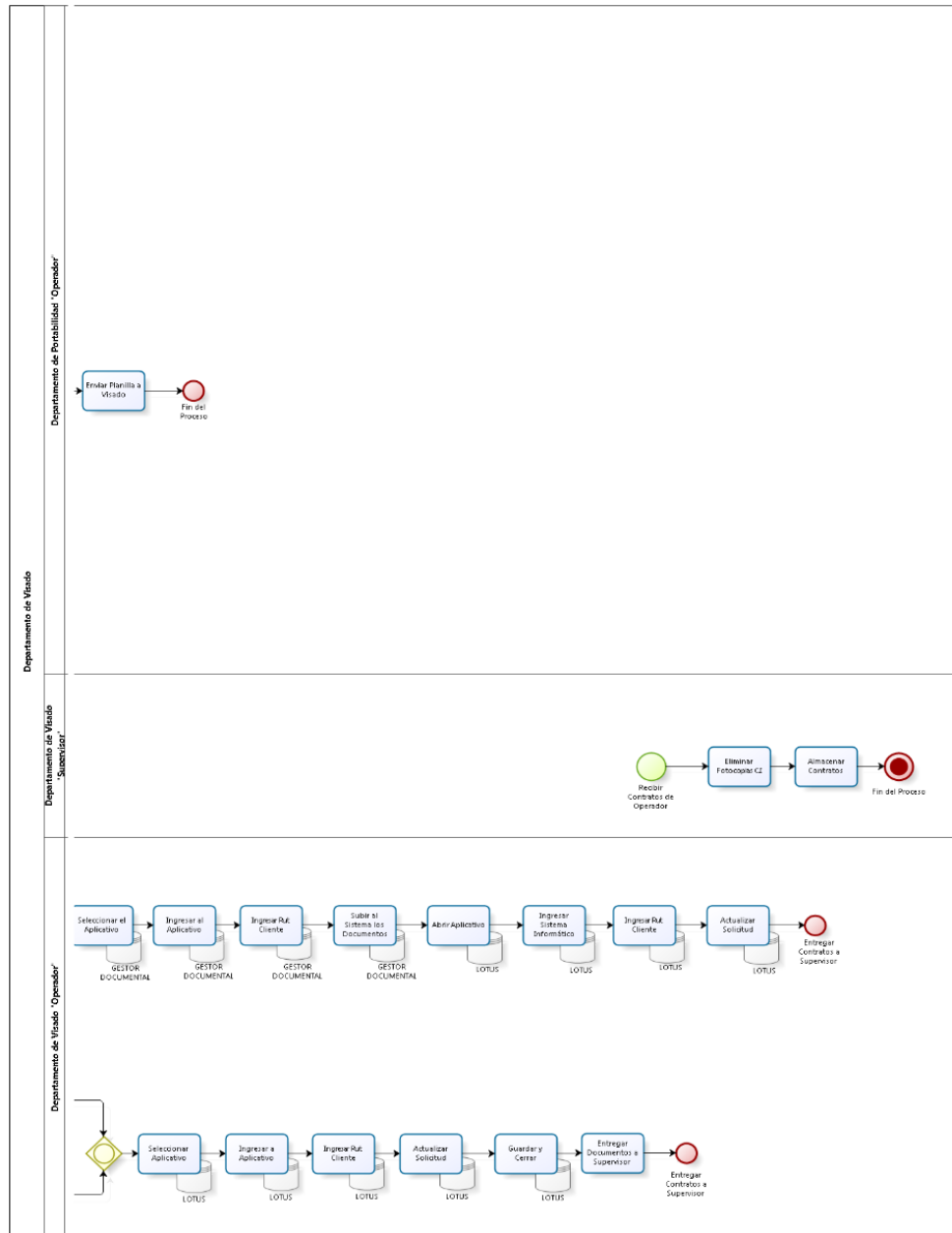












Anexo B: Tabla de Asignaciones

Detalle del total de entregas asignadas, rechazadas y exitosas en todas las comunas de la R.M. durante los meses de septiembre a diciembre del 2015.

2015													
	Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			
	Comuna	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas
	Alhué	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Buín	103	19	84	128	27	101	71	11	60	56	12	44
	Calera de Tango	22	1	21	17	4	13	10	1	9	8	1	7
	Cerrillos	95	9	86	79	9	70	57	10	47	70	15	55
	Cerro Navia	160	20	140	152	16	136	97	11	86	124	16	108
	Champa	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Colina	120	20	100	137	31	106	76	10	66	111	34	77
	Conchalí	148	15	133	144	16	128	76	9	67	113	36	77
	Curacaví	26	5	21	34	9	25	18	3	15	15	5	10
	El Bosque	146	13	133	239	16	223	103	11	92	169	40	129
	El Monte	32	1	31	38	5	33	20	2	18	21	4	17
	Estación Central	159	14	145	139	13	126	90	14	76	132	34	98
	Huechuraba	97	10	87	99	11	88	53	7	46	75	13	62
	Independencia	107	19	88	122	14	108	57	8	49	79	13	66
	Isla de Maipo	27	4	23	23	4	19	15	1	14	12	5	7
	La Cisterna	122	14	108	102	11	91	73	10	63	90	19	71
	La Florida	343	36	307	365	43	322	207	29	178	292	66	226
	La Granja	133	10	123	138	16	122	96	10	86	129	15	114
	La Pintana	197	16	181	221	18	203	118	10	108	163	28	135
	La Reina	57	6	51	58	14	44	38	2	36	52	7	45

2015												
Comuna	Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas
Lampa	117	19	98	99	15	84	66	10	56	48	17	31
Las Condes	199	25	174	204	27	177	129	17	112	154	24	130
Lo Barnechea	52	11	41	67	15	52	44	9	35	36	12	24
Lo Espejo	81	9	72	104	15	89	64	11	53	100	24	76
Lo Prado	105	13	92	115	14	101	75	9	66	78	16	62
Macul	127	14	113	135	25	110	59	11	48	78	19	59
Maipú	536	51	485	546	67	479	372	48	324	437	69	368
Malloco	3	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	2
María Pinto	8	5	3	5	1	4	1	0	1	0	0	0
Melipilla	79	16	63	88	14	74	37	8	29	45	14	31
Ñuñoa	158	19	139	170	24	146	119	18	101	148	36	112
Padre Hurtado	73	9	64	55	3	52	32	4	28	28	4	24
Paine	78	18	60	79	17	62	46	11	35	54	16	38
Pedro Aguirre Cerda	120	14	106	104	13	91	72	8	64	89	23	66
Peñaflor	100	6	94	129	14	115	78	10	68	64	19	45
Peñalolén	256	45	211	252	30	222	152	23	129	195	39	156
Pirque	20	2	18	12		12	9	4	5	13	1	12
Providencia	173	13	160	171	9	162	102	10	92	116	13	103
Pudahuel	274	26	248	277	26	251	166	16	150	189	34	155
Puente Alto	544	50	494	573	63	510	345	53	292	434	93	341
Quilicura	217	22	195	262	26	236	127	16	111	204	39	165
Quinta Normal	157	15	142	127	11	116	86	20	66	120	25	95
Recoleta	171	36	135	173	29	144	112	21	91	180	54	126
Renca	183	13	170	159	16	143	111	10	101	134	29	105
San Bernardo	329	29	300	357	39	318	195	25	170	264	49	215

2015													
	Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			
	Comuna	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas
	San Joaquín	82	9	73	120	13	107	59	13	46	95	28	67
	San José de Maipo	5		5	16	8	8	8	1	7	14	6	8
	San Miguel	132	19	113	114	14	100	77	14	63	93	15	78
	San Ramón	84	7	77	101	9	92	66	7	59	84	12	72
	Santiago	546	62	484	580	73	507	324	47	277	447	109	338
	Talagante	63	7	56	73	10	63	56	10	46	37	6	31
	Tiltil	17	2	15	18	1	17	6	2	4	8	1	7
	Vitacura	44	6	38	48	8	40	32	5	27	26	8	18
	Total	7228	824	6404	7568	926	6642	4502	630	3872	5726	1217	4509
	Total %	100.00%	11.40%	88.60%	100.00%	12.24%	87.76%	100.00%	13.99%	86.01%	100.00%	21.25%	78.75%

Fuente: Elaboración Propia.

Detalle del total de entregas asignadas, rechazadas y exitosas en todas las comunas de la R.M. durante los meses de enero a marzo del 2016.

2016									
Enero			Febrero			Marzo			
Comuna	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas
Alhué	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buín	76	29	47	87	24	63	69	20	49
Calera de Tango	8	1	7	7	2	5	19	3	16
Cerrillos	62	12	50	67	16	51	65	11	54
Cerro Navia	111	10	101	127	25	102	138	18	120
Champa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Collina	133	41	92	125	33	92	135	32	103
Conchalí	105	21	84	107	30	77	116	21	95
Curacaví	21	12	9	22	12	10	17	10	7
El Bosque	136	31	105	126	27	99	143	16	127
El Monte	21	6	15	19	6	13	21	1	20
Estación Central	126	32	94	102	12	90	134	18	116
Huechuraba	78	13	65	73	12	61	86	9	77
Independencia	61	16	45	74	11	63	96	11	85
Isla de Maipo	11	2	9	13	3	10	26	8	18
La Cisterna	76	14	62	68	16	52	92	14	78
La Florida	308	74	234	231	56	175	283	51	232
La Granja	93	11	82	74	10	64	109	17	92
La Pintana	126	16	110	123	18	105	155	20	135
La Reina	73	19	54	48	12	36	71	12	59
Lampa	66	19	47	61	13	48	63	10	53
Las Condes	189	37	152	184	25	159	228	47	181
Lo Barnechea	41	8	33	36	13	23	64	21	43

2016									
Comuna	Enero			Febrero			Marzo		
	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas
Lo Espejo	62	17	45	59	8	51	83	12	71
Lo Prado	86	10	76	78	9	69	106	23	83
Macul	111	26	85	93	26	67	117	21	96
Maipú	377	74	303	406	72	334	502	63	439
Malloco	1	0	1	2	1	1	0	0	0
María Pinto	3	1	2	2	0	2	2	0	2
Melipilla	43	12	31	62	18	44	56	19	37
Ñuñoa	129	29	100	147	34	113	181	34	147
Padre Hurtado	49	6	43	35	3	32	41	3	38
Paine	33	12	21	56	17	39	47	10	37
Pedro Aguirre Cerda	59	13	46	72	13	59	89	16	73
Peñaflor	70	13	57	63	12	51	78	20	58
Peñalolén	216	60	156	187	30	157	249	26	223
Pirque	5	4	1	6	3	3	9	1	8
Providencia	135	22	113	136	26	110	195	25	170
Pudahuel	195	34	161	221	41	180	225	47	178
Puente Alto	428	72	356	423	67	356	462	61	401
Quilicura	187	36	151	169	34	135	196	33	163
Quinta Normal	119	29	90	97	17	80	128	20	108
Recoleta	116	34	82	125	28	97	135	35	100
Renca	110	18	92	119	29	90	149	30	119
San Bernardo	251	44	207	253	27	226	281	28	253
San Joaquín	81	28	53	76	20	56	102	26	76
San José de Maipo	8	3	5	8	2	6	7	1	6
San Miguel	82	19	63	91	20	71	124	20	104

2016									
Enero			Febrero			Marzo			
Comuna	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas	Asignadas	Rechazos	Exitosas
San Ramón	68	8	60	60	13	47	94	12	82
Santiago	505	119	386	491	123	368	539	94	445
Talagante	51	8	43	41	4	37	62	11	51
Tiltil	8	3	5	6	2	4	16	6	10
Vitacura	42	10	32	31	10	21	57	11	46

Total	5551	1188	4363	5389	1085	4304	6462	1078	5384
Total %	100.00%	21.40%	78.60%	100.00%	20.13%	79.87%	100.00%	16.68%	83.32%

Fuente: Elaboración Propia.

Total de entregas asignadas, rechazadas y exitosas en todas las comunas de la R.M. durante los meses de septiembre del 2015 a marzo del 2016.

Comuna	Total Rechazos	Total Rechazos %	Total Exitosas	Total Exitosas %
Alhué	0	0.00%	1	100.00%
Buín	142	24.07%	448	75.93%
Calera de Tango	13	14.29%	78	85.71%
Cerrillos	82	16.57%	413	83.43%
Cerro Navia	116	12.76%	793	87.24%
Champa	0	0.00%	1	100.00%
Colina	201	24.01%	636	75.99%
Conchalí	148	18.29%	661	81.71%
Curacaví	56	36.60%	97	63.40%
El Bosque	154	14.50%	908	85.50%

Comuna	Total Rechazos	Total Rechazos %	Total Exitosas	Total Exitosas %
El Monte	25	14.53%	147	85.47%
Estación Central	137	15.53%	745	84.47%
Huechuraba	75	13.37%	486	86.63%
Independencia	92	15.44%	504	84.56%
Isla de Maipo	27	21.26%	100	78.74%
La Cisterna	98	15.73%	525	84.27%
La Florida	355	17.50%	1674	82.50%
La Granja	89	11.53%	683	88.47%
La Pintana	126	11.42%	977	88.58%
La Reina	72	18.14%	325	81.86%
Lampa	103	19.81%	417	80.19%
Las Condes	202	15.70%	1085	84.30%
Lo Barnechea	89	26.18%	251	73.82%
Lo Espejo	96	17.36%	457	82.64%
Lo Prado	94	14.62%	549	85.38%
Macul	142	19.72%	578	80.28%
Maipú	444	13.98%	2732	86.02%
Malloco	1	12.50%	7	87.50%
María Pinto	7	33.33%	14	66.67%
Melipilla	101	24.63%	309	75.37%
Nuñoa	194	18.44%	858	81.56%
Padre Hurtado	32	10.22%	281	89.78%
Paine	101	25.70%	292	74.30%
Pedro Aguirre Cerda	100	16.53%	505	83.47%
Peñaflor	94	16.15%	488	83.85%
Peñalolén	253	16.79%	1254	83.21%
Pirque	15	20.27%	59	79.73%

Comuna	Total Rechazos	Total Rechazos %	Total Exitosas	Total Exitosas %
Providencia	118	11.48%	910	88.52%
Pudahuel	224	14.48%	1323	85.52%
Puente Alto	459	14.30%	2750	85.70%
Quilicura	206	15.12%	1156	84.88%
Quinta Normal	137	16.43%	697	83.57%
Recoleta	237	23.42%	775	76.58%
Renca	145	15.03%	820	84.97%
San Bernardo	241	12.49%	1689	87.51%
San Joaquín	137	22.28%	478	77.72%
San José de Maipo	21	31.82%	45	68.18%
San Miguel	121	16.97%	592	83.03%
San Ramón	68	12.21%	489	87.79%
Santiago	627	18.27%	2805	81.73%
Talagante	56	14.62%	327	85.38%
Tiltil	17	21.52%	62	78.48%
Vitacura	58	20.71%	222	79.29%

Total	6948	16.38%	35478	83.62%
--------------	-------------	---------------	--------------	---------------

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo C: Comprobación de nodos agrupados por clúster, mediante variación del centroide inicial.

A. Nodos Iniciales C – G – K

- Iteración N°1

Constante					Distancia Euclidiiana		
Nodos							
A	W	X	Y	Z	Clúster 1 (Nodo C)	Clúster 2 (Nodo G)	Clúster 3 (Nodo K)
B	8	4	3	6	5.196	6.782	6.083
C	4	7	9	2	9.695	5.568	8.485
D	7	1	2	2	0	9.539	6.782
E	6	5	5	4	5.477	4.796	5.292
F	6	8	4	1	7.416	7.616	8.185
G	4	3	5	9	8.426	4.243	4.123
H	3	6	7	7	9.539	0	5.196
I	1	5	8	1	9.434	6.481	7.416
J	3	5	7	8	9.644	1.414	5
K	3	5	3	5	6.481	4.583	2.449
	2	3	3	6	6.782	5.196	0
					Asignación		
					Clúster 1		
					Clúster 2		
					Clúster 1		
					Clúster 2		
					Clúster 1		
					Clúster 3		
					Clúster 2		
					Clúster 2		
					Clúster 3		
					Clúster 3		
					Clúster 3		

Centroides Iniciales	W	X	Y	Z
Clúster 1	7	1	2	2
Clúster 2	3	6	7	7
Clúster 3	2	3	3	6

Clúster 1	A - C - E
Clúster 2	B - D - G - H
Clúster 3	F - I - J - K

• Iteración N°2

Nodos					Constante					Distancia Euclidiana					Asignación				
A B C D E F G H I J K	W	X	Y	Z	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3									
	8	4	3	6	3.180	6.901	5.315	Clúster 1											
	4	7	9	2	7.288	2.669	7.433	Clúster 2											
	7	1	2	2	3.621	8.039	7.500	Clúster 1											
	6	5	5	4	2.539	3.482	4.387	Clúster 1											
	6	8	4	1	4.410	5.303	7.826	Clúster 1											
	4	3	5	9	7.126	6.567	2.500	Clúster 3											
	3	6	7	7	7.126	3.553	3.202	Clúster 3											
	1	5	8	1	8.090	3.691	7.297	Clúster 2											
	3	5	7	8	7.579	4.596	2.872	Clúster 3											
	3	5	3	5	4.522	4.596	2.693	Clúster 3											
	2	3	3	6	5.981	5.842	2.291	Clúster 3											

Centroides Iniciales				Centroides Finales			
Clúster 1				W	X	Y	Z
				7	4.33	3	3
Clúster 2				3.5	5.75	7.25	3.5
Clúster 3				3	4	4.5	7

Clúster 1	A - C - D - E
Clúster 2	B - H
Clúster 3	F - G - I - J - K

• Iteración N°3

Nodos				Constante				Distancia Euclidiana		
A	8	4	3	6	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Asignación		
B	4	7	9	2	3.102	9.206	5.492	Clúster 1		
C	7	1	2	2	6.755	1.936	6.983	Clúster 2		
D	6	5	5	4	4.016	9.367	7.846	Clúster 1		
E	6	8	4	1	1.904	5.635	4.285	Clúster 1		
F	4	3	5	9	4.257	6.062	7.679	Clúster 1		
G	3	6	7	7	6.718	8.930	2.638	Clúster 3		
H	1	5	8	1	6.529	5.723	2.561	Clúster 3		
I	3	5	7	8	7.657	1.936	7.026	Clúster 2		
J	3	5	3	5	7.009	6.764	2.315	Clúster 3		
K	2	3	3	6	4.198	6.614	2.891	Clúster 3		
					5.712	7.730	2.821	Clúster 3		

Centroides Iniciales						
Clúster 1	6.75	4.5	3.5	3.25	Clúster 1	A - C - D - E
Clúster 2	2.5	6	8.5	1.5	Clúster 2	B - H
Clúster 3	3	4.4	5	7	Clúster 3	F - G - I - J - K

B. Nodos Iniciales A – F – H

- Iteración N°1

Nodos				Constante				Distancia Euclidiana		
A	W	X	Y	Z	Clúster 1 (Nodo A)			Clúster 2 (Nodo F)	Clúster 3 (Nodo H)	Asignación
B	8	4	3	6	0			5.477	10	Clúster 1
C	4	7	9	2	8.775			9	3.873	Clúster 3
D	7	1	2	2	5.196			8.426	9.434	Clúster 1
E	6	5	5	4	3.606			5.745	6.557	Clúster 1
F	6	8	4	1	6.782			9.695	7.071	Clúster 1
G	4	3	5	9	5.477			0	9.274	Clúster 2
H	3	6	7	7	6.782			4.243	6.481	Clúster 2
I	1	5	8	1	10			9.274	0	Clúster 3
J	3	5	7	8	6.782			3.162	7.348	Clúster 2
K	3	5	3	5	5.196			5	6.708	Clúster 2
	2	3	3	6	6.083			4.123	7.416	Clúster 2

Centroides Iniciales					Clúster 1			Clúster 2			Clúster 3		
	W	X	Y	Z	8	4	3	6	4	3	5	9	

Clúster 1	A - C - D - E
Clúster 2	F - G - I - J - K
Clúster 3	B - H

• Iteración N°2

Nodos				Constante				Distancia Euclidiana			
A	8	4	3	6	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Asignación			
B	4	7	9	2	3	5.492	9	Clúster 1			
C	7	1	2	2	7	6.983	2	Clúster 3			
D	6	5	5	4	4	7.846	9	Clúster 1			
E	6	8	4	1	2	4.285	6	Clúster 1			
F	4	3	5	9	4	7.679	6	Clúster 1			
G	3	6	7	7	7	2.638	9	Clúster 2			
H	1	5	8	1	7	2.561	6	Clúster 2			
I	3	5	7	8	8	7.026	2	Clúster 3			
J	3	5	3	5	7	2.315	7	Clúster 2			
K	2	3	3	6	4	2.891	7	Clúster 2			
					6	2.821	8	Clúster 2			

Centroides Iniciales				W	X	Y	Z
Clúster 1				6.75	4.5	3.5	3.25
Clúster 2				3	4.4	5	7
Clúster 3				2.5	6	8.5	1.5

Clúster 1	A - C - D - E
Clúster 2	F - G - I - J - K
Clúster 3	B - H

Anexo D: Información del conjunto de nodos entregados en un día

Cliente	Latitud	Longitud	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
1	-33.41711	-70.56537	Cristóbal Colón 6023, Las Condes
2	-33.40894	-70.55661	Hernando de Magallanes 153, Las Condes
3	-33.43545	-70.55713	Carlos Dickens 2133, La Reina
4	-33.45185	-70.53966	Chonchi 24, La Reina
5	-33.43216	-70.66777	Maturana 1198, Santiago
6	-33.44132	-70.67291	Huérfanos 2698, Santiago
7	-33.48106	-70.67257	Tartini 2629, Pedro Aguirre Cerda
8	-33.49499	-70.68927	Plano Regulador 3904, Pedro Aguirre Cerda
9	-33.49181	-70.71431	Los Almendros 6164, Los Cerrillos, Cerrillos
10	-33.49920	-70.75042	El Greco 567, Maipú
11	-33.47283	-70.75210	Ing Roberto Llona 5170, Maipú
12	-33.45872	-70.74326	Las Gárgolas 7428, Pudahuel
13	-33.44698	-70.73510	Marcos Maturana 7201, Lo Prado
14	-33.42900	-70.72317	Río Baker 6360, Cerro Navia
15	-33.39848	-70.67962	Costa Rica 3409, Conchalí
16	-33.56359	-70.67676	Mariano Latorre 11739, El Bosque
17	-33.57561	-70.67021	La Serena 717, El Bosque
18	-33.58258	-70.64571	Los Limoneros 12910, La Pintana
19	-33.58601	-70.60287	Sagasca 1860, Puente Alto
20	-33.53516	-70.58163	Venezuela 8866, La Florida
21	-33.52191	-70.64862	Sta Clara 977, La Cisterna
22	-33.49334	-70.60480	Avenida Monsenor Carlos Casanueva 2731, Macul
23	-33.48303	-70.64050	Av. Sta. Rosa 3090, San Joaquín
24	-33.45965	-70.59915	José Domingo Cañas 2951, Ñuñoa
25	-33.45163	-70.64173	Carmen 648, Santiago
26	-33.43874	-70.59589	Av. Luis Thayer Ojeda 2396, Providencia
27	-33.43043	-70.62353	Eliodoro Yañez 810, Providencia
28	-33.53896	-70.55656	Rojas Magallanes 3187, La Florida
29	-33.48124	-70.54946	El Valle 8095, Penalolen, Peñalolén
30	-33.57196	-70.56560	Cerro Alavado 1498, Puente Alto
31	-33.45631	-70.75869	El Ulmo 8708-8700, Pudahuel
32	-33.45651	-70.76164	Isla de Pirque 359, Pudahuel
33	-33.45721	-70.76441	Jaime Guzmán Errázuriz 8952, Pudahuel
34	-33.45329	-70.76541	Vía Naranja 9260, Pudahuel
35	-33.45020	-70.76839	Papa San Pedro 9424, Pudahuel
36	-33.44029	-70.76838	Tte Cobo 9400, Pudahuel
37	-33.43547	-70.76610	Chañarcillo 9338, Pudahuel
38	-33.41880	-70.76285	Ahorro 8470, Cerro Navia

Cliente	Latitud	Longitud	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
39	-33.41647	-70.76659	Panguipulli 8733, Cerro Navia
40	-33.41563	-70.76153	Educación 8379, Cerro Navia
41	-33.41532	-70.76367	Los Guiraos 8615, Cerro Navia
42	-33.41405	-70.74940	Lisboa 1789, Cerro Navia,
43	-33.41715	-70.74232	Salvador Gutiérrez 7429, Cerro Navia
44	-33.41412	-70.72389	San Pedro 2354, Cerro Navia
45	-33.41207	-70.71997	Rodolfo Mondolfo 6846, Quinta Normal
46	-33.41259	-70.71775	Anunciación 6599, Quinta Normal
47	-33.41393	-70.71550	Emilio Campodónico 6311, Quinta Normal
48	-33.41486	-70.71493	Federico Engels 6222, Quinta Normal
49	-33.40893	-70.72847	Los Azules 1167, Renca
50	-33.40972	-70.73189	Herradura 5671, Renca
51	-33.40815	-70.73189	Morritos 5670, Renca
52	-33.40759	-70.73632	Quillay 6001, Renca
53	-33.39920	-70.74509	Ignacio Andia 1741, Renca
54	-33.39594	-70.74767	Tambor Cabaes 1763, Renca
55	-33.39307	-70.74953	Camino Lo Boza 7803, Renca
56	-33.36846	-70.75327	Pasaje Alcaldesa Elisa Álvarez 567, Quilicura
57	-33.36570	-70.75254	Chipana 570, Quilicura
58	-33.36209	-70.75072	Volcán Tupungatito 552, Quilicura
59	-33.35739	-70.75280	Pto Bertran 810, Quilicura
60	-33.35311	-70.74949	Everest 360, Quilicura
61	-33.35218	-70.74741	Los Cápatos 914, Quilicura
62	-33.34949	-70.73905	Estadio Oyarzún 495, Quilicura
63	-33.34984	-70.73446	Lo Ovalle 480, Quilicura
64	-33.34955	-70.72822	Santiago de Compostela 495, Quilicura
65	-33.35131	-70.72401	Ing Antonio Baeza 467, Quilicura
66	-33.35309	-70.71999	El Acacio 0523, Quilicura
67	-33.35294	-70.71721	El Pimiento 1054, Quilicura
68	-33.35378	-70.71612	Cartagena de Indias 1088, Quilicura
69	-33.35729	-70.71677	Bello Horizonte 0355, Quilicura
70	-33.35992	-70.71578	Los Amerindios 1160, Quilicura
71	-33.36295	-70.71348	Calle Toro 1450, Quilicura
72	-33.37162	-70.71705	Ventana 514, Quilicura
73	-33.40246	-70.72949	Lota 1563, Renca
74	-33.38892	-70.68161	Parral 2420, Conchalí
75	-33.38491	-70.67783	Campanario 1720, Conchalí
76	-33.37817	-70.67148	Pedro Fontova 5301, Conchalí
77	-33.37531	-70.68487	Ferrada 5722, Conchalí
78	-33.36793	-70.68632	Huechuraba 1977, Conchalí

Cliente	Latitud	Longitud	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
79	-33.35930	-70.68808	Pica 6667, Huechuraba
80	-33.35593	-70.67889	Los Franciscanos 1683, Huechuraba
81	-33.35062	-70.68155	Los Cedros 7539, Huechuraba
82	-33.37571	-70.66988	Bucalemu 1320, Conchalí
83	-33.38281	-70.66765	Irma 1437, Conchalí
84	-33.38947	-70.66782	Esther 3761, Conchalí
85	-33.38560	-70.65324	Anzani 1106, Recoleta
86	-33.38165	-70.64655	Austria 4334, Recoleta
87	-33.37133	-70.63923	Inés de Suárez 847, Huechuraba
88	-33.36682	-70.63696	El Boldo 5925, Huechuraba
89	-33.36160	-70.63110	El Lingue 633, Huechuraba
90	-33.37425	-70.62859	Rep de Sto Domingo 415, Huechuraba
91	-33.37963	-70.62095	Los Alerces 5625, Huechuraba
92	-33.39737	-70.59640	Espoz 2682, Vitacura
93	-33.38855	-70.57675	Sotto Il Monte 1897, Vitacura
94	-33.38733	-70.56173	García de Torres 1572, Vitacura
95	-33.38505	-70.54978	Rinconada 8956, Vitacura
96	-33.38197	-70.54266	Romeral 9705, Vitacura
97	-33.38548	-70.53425	Golfo de Darien 10236, Las Condes
98	-33.38111	-70.52356	El Canelillo 466, Las Condes
99	-33.37781	-70.51137	Camino La Viña 12480, Las Condes
100	-33.36297	-70.52021	Robles 12532, Lo Barnechea
101	-33.35473	-70.51069	Rubén Barrales Int 1627, Lo Barnechea
102	-33.34369	-70.50966	Camino El Huinganal 2809, Lo Barnechea
103	-33.39707	-70.51434	Calle Los Pumas 12018, Las Condes
104	-33.41555	-70.53717	Cerro Negro 9051, Las Condes
105	-33.42100	-70.55485	La Guaira 7332, Las Condes
106	-33.42945	-70.58026	Juan de Austria 1845, Las Condes
107	-33.43446	-70.59537	Hernando de Aguirre 1830, Providencia
108	-33.44263	-70.61064	Vasconia 1605, Providencia
109	-33.45767	-70.60635	Eduardo Castillo Velasco 2436, Ñuñoa
110	-33.45075	-70.57992	Coventry 349, Ñuñoa
111	-33.46794	-70.54250	Lago Cochrane 1003, Peñalolén, Peñalolén
112	-33.48097	-70.55280	El Valle 7783, Peñalolén, Peñalolén
113	-33.48025	-70.58610	Los Olmos 4369, Macul
114	-33.48168	-70.61854	Domingo Arteaga 271, Macul
115	-33.47544	-70.63321	Tocornal 2378, San Joaquín
116	-33.46657	-70.64265	Maule 703, Santiago
117	-33.45525	-70.64247	Av. Sta. Rosa 904, Santiago
118	-33.44766	-70.65157	Padre Miguel de Olivares 1228, Santiago

Cliente	Latitud	Longitud	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
119	-33.45224	-70.66204	Gorbea 1901, Santiago
120	-33.44401	-70.67252	Cueto 120, Santiago
121	-33.44717	-70.68318	Las Sophoras 108, Santiago, Estación Central
122	-33.45143	-70.70515	Sta Petronila 127, Santiago, Estación Central
123	-33.46088	-70.67580	Conferencia 915, Santiago
124	-33.47291	-70.66927	Las Fucsias 1980, Santiago
125	-33.47334	-70.70086	Murta 767, Santiago, Estación Central
126	-33.47978	-70.73244	Patagonia 836, Maipú
127	-33.48651	-70.72815	Nicaragua 7620, Los Cerrillos, Cerrillos
128	-33.49395	-70.71777	Rapa Nui 6391, Los Cerrillos, Cerrillos
129	-33.49778	-70.73926	García Lorca 3335, Maipú
130	-33.50737	-70.76244	Hnos Carrera 2218, Maipú
131	-33.50501	-70.78072	Pdte Juan Luis Sanfuentes 2563, Maipú
132	-33.50980	-70.79402	Nte de Chile 3006, Maipú
133	-33.51453	-70.79694	Av. El Conquistador 1821-1841, Maipú
134	-33.51624	-70.78527	Las Tinajas 1954, Maipú
135	-33.51538	-70.77291	El Cid 1702, Maipú
136	-33.52254	-70.75763	Av. Los Pajaritos 638, Maipú
137	-33.53146	-70.76795	Pepe Abad 850, Maipú
138	-33.52531	-70.78013	Los Estoicos 1587, Maipú
139	-33.52245	-70.79284	Laguna Gris 725, Maipú
140	-33.52960	-70.79661	Pdte Eduardo Frei Montalva 3328, Maipú
141	-33.53332	-70.79730	Calle Bosque Alto 3274, Maipú
142	-33.53705	-70.78906	Pje. Punta Angamos 2573, Maipú
143	-33.54119	-70.77928	Digua Int 61, Maipú
144	-33.54506	-70.76760	Turquestán 9, Maipú
145	-33.55254	-70.78010	Camino Húsares de La Muerte 35, Maipú
146	-33.56177	-70.77830	Alcalde José Luis Infante Larraín 1709, Maipú
147	-33.56906	-70.78877	Tercera Avenida 1680, Padre Hurtado
148	-33.56763	-70.79898	Francisco Coloane 973, Padre Hurtado
149	-33.56956	-70.80722	El Manzano 525, Padre Hurtado
150	-33.57357	-70.80636	San Bernabé 2028, Padre Hurtado
151	-33.58143	-70.81254	San Ignacio Int 31, Padre Hurtado
152	-33.48229	-70.67396	Pedro Subercaseaux 3498, Pedro Aguirre Cerda
153	-33.48487	-70.66228	Manuela Errázuriz 3660, Pedro Aguirre Cerda
154	-33.47484	-70.63447	Dávila Larraín 2481, San Joaquín
155	-33.48716	-70.60769	Joaquín Rodríguez 3525, Macul
156	-33.50061	-70.58126	Medieval Nte 4498, Penalolen, Peñalolén
157	-33.50577	-70.61319	Alfonso Leng 5569, Macul
158	-33.50205	-70.65507	Carlos Edwards 1188, San Miguel

Cliente	Latitud	Longitud	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
159	-33.51178	-70.69146	Once Sur 3459, Lo Espejo
160	-33.52311	-70.68455	Los Duraznos 8251, Lo Espejo
161	-33.52540	-70.65777	Eulogio Altamirano 7387, La Cisterna
162	-33.52540	-70.64163	Los Prunos 1562, San Ramón
163	-33.51438	-70.61863	Veintisiete Ote 6325, La Granja
164	-33.50093	-70.60370	Los Geólogos 5202, Macul
165	-33.51288	-70.60121	Puno 887, La Florida
166	-33.51710	-70.59271	El Ulmo 1194, La Florida
167	-33.52133	-70.60370	Navidad 75, La Florida
168	-33.52742	-70.58709	Asturias 8041, La Florida
169	-33.53371	-70.57610	Los Huilliches 1239, La Florida
170	-33.54173	-70.58949	Azapa 56, La Florida
171	-33.54545	-70.61353	Isla de Chiloé 8898, La Granja
172	-33.54430	-70.63722	Pedro Lagos 9115-9121, San Ramón
173	-33.59636	-70.59190	Juan Luis Sanfuentes 8771, San Ramón
174	-33.54745	-70.64580	Alpatacal 1734-1738, San Ramón
175	-33.54802	-70.65781	Riquelme 805, El Bosque
176	-33.55374	-70.67155	Melania 10153, El Bosque
177	-33.55975	-70.67532	Av. El Observatorio 355, El Bosque
178	-33.56404	-70.66657	Los Platinos 11120, El Bosque
179	-33.57463	-70.66382	Pje Cuatro 11825, El Bosque
180	-33.58049	-70.65164	Gral Sofanor Parra 900, La Pintana
181	-33.58421	-70.66176	Isabel Bravo 13208, La Pintana
182	-33.59050	-70.67344	Volcán Quetrupillán 1222, San Bernardo
183	-33.59837	-70.67464	Sta Mercedes 14877, San Bernardo
184	-33.59476	-70.69584	Condell 94, San Bernardo
185	-33.59547	-70.71060	San José 880, San Bernardo
186	-33.60091	-70.70494	Victoria 975, San Bernardo
187	-33.60820	-70.69807	Alfonso Donoso 11, San Bernardo
188	-33.61320	-70.70597	Cresibio 141, San Bernardo
189	-33.61909	-70.63918	Los Duraznos 0479, La Pintana
190	-33.56203	-70.60124	María Elena 1165, La Florida
191	-33.56714	-70.58355	Río Pirihueico 4228, Puente Alto
192	-33.57036	-70.56981	El Mediero 3834, Puente Alto
193	-33.57751	-70.55745	Pablo Neruda 3250, Puente Alto
194	-33.58473	-70.55685	Caimanes 2762, Puente Alto
195	-33.59167	-70.57170	San Hugo 507, Puente Alto
196	-33.58738	-70.59007	Toroya 2634, Puente Alto
197	-33.60010	-70.59333	Avenida San Carlos 1227, Puente Alto
198	-33.61011	-70.60020	El Toronjil 1768, Puente Alto

Cliente	Latitud	Longitud	Dirección de Despacho (Región Metropolitana)
199	-33.61261	-70.58070	Argentina 21, Puente Alto
200	-33.60503	-70.56525	Pedro Allende 555, Puente Alto