

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Transporte



Sistema de Distribución en empresa proveedora de alimentos, Problema de la Última Milla

Proyecto presentado como requisito parcial para la obtención del Título de
Ingeniero de Transporte

Alumno: Cristian Zúñiga Espinoza

Profesor Guía: Eduardo Baeza Guzmán

Valparaíso, junio 2020

Este proyecto está dedicado a todas las personas que contribuyeron en el alcance de esta meta, mis familiares, compañeros, profesores y en especial a la memoria mi abuelo Carlos Enrique Espinoza Espinoza, quien fue mi ejemplo de esfuerzo y superación para mantenerme en este intrincado camino.

Índice

Índice	i
Índice de Figuras.....	iii
Índice de Tablas	iv
Glosario.....	v
Lista de Abreviaturas y Siglas	vi
Lista de Símbolos.....	viii
Resumen.....	ix
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes del Problema en Estudio.....	2
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Justificación del Problema	5
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos	7
1.5 Alcances y Límites.....	7
1.6 Metodología del Proyecto	8
1.7 Estructura del Informe	8
2 Marco Teórico.....	10
2.1 Logística.....	10
2.2 Cadena de Suministros.....	11
2.3 Administración de la Cadena de Suministros	12
2.4 Distribución	13
2.5 Distribución de Última Milla.....	14
2.6 Redes Logísticas	15
2.6.1 Localización de Instalaciones	17
2.6.2 Problema de Flujo de Mínimo Costo.....	21
2.6.3 Problema de Ruta Mínima	23
2.6.4 Problema de Flujo Máximo	23
2.6.5 Problema del Vendedor Viajero	23
2.7 Modos de Transporte	25
2.8 Tiempo del Ciclo del Pedido	26
2.9 Flota de Transporte	27
2.9.1 Régimen de Flota.....	27
2.9.2 Dimensionamiento de Flota	32
2.10 Tecnologías en la Operación.....	34
2.10.1 Tecnologías de la Información y la Comunicación	35
2.10.2 Tecnologías de Transporte.....	35
2.11 Análisis FODA	38
2.12 Método de decisión AHP	39
3 Estado del Arte.....	41
3.1 Sistemas de distribución	41

3.2 Transporte de distribución	42
3.3 Problema de la última milla	44
4 Situación de distribución actual del Caso de Estudio	47
4.1 Empresa Provedora de Alimentos	47
4.2 Flota de Vehículos	53
4.2.1 Vehículos de Distribución Interna	54
4.2.2 Vehículos de Distribución a Clientes.....	54
4.3 Canales de Comercialización.....	55
4.3.1 Venta por Teléfono	56
4.3.2 Venta por Internet	56
4.3.3 Venta Presencial en Tienda.....	57
4.4 Procesamiento de Pedidos	58
4.5 Jornadas de Trabajo	63
4.6 Áreas de Reparto.....	64
4.7 Análisis FODA	66
4.7.1 Fortalezas	66
4.7.2 Oportunidades	66
4.7.3 Debilidades	67
4.7.4 Amenazas.....	67
5 Diagnóstico del problema	68
6 Propuestas de Solución	71
6.1 Cambios en las funciones de las instalaciones.....	71
6.2 Cambios en los procesos.....	72
6.3 Cambios en el uso de recursos	72
6.4 Cambio del sistema de distribución interna.....	74
6.5 Selección de la alternativa de solución	75
7 Desarrollo de la solución	84
7.1 Cambio de procesos	85
7.2 Cambio de las funciones de las instalaciones	89
8 Conclusiones	93
Bibliografía	95
ANEXOS	100
Anexo N°1 - Sectores de distribución de Empresa Fullerton	100
Anexo N°2 - Entregas diarias por camión	105
Anexo N°3 - Tiempo de estiba y despacho.....	106
Anexo N°4 - Tiempo de atención individual en entrega	107
Anexo N°5 - Tiempo de circuito de entregas por vehículo	108
Anexo N°6 – Reporte de simulación en Arena del procesamiento de pedidos	109
Anexo N°7 – Reporte de simulación en Arena de procesos de pedidos con cambios.....	112
Anexo N°8 – Reporte de simulación en Arena de procesos de distribución actuales	115
Anexo N°9 – Reporte simulación en Arena de procesos de distribución con cambios.....	119

Índice de Figuras

Figura 1.1: Empresas familiares según sector económico.	5
Figura 2.1: Triángulo de decisiones logísticas.....	11
Figura 2.2: Flujos en la cadena de suministro.	12
Figura 2.3: Modelos de dirección de la cadena de suministro.	13
Figura 2.4: Esquema de distribución.	14
Figura 2.5: Rutas domésticas de la aerolínea Austral.	15
Figura 2.6: Logística empresarial.	16
Figura 2.7: Gráficas de las funciones de ingresos, costos fijos y variables.	28
Figura 2.8: Método gráfico para el cálculo del punto de equilibrio en CVU.	30
Figura 2.9: Punto de equilibrio en tercerización.	31
Figura 2.10: Modelo jerárquico para la toma de decisiones con el AHP.	39
Figura 4.1: Ubicación de instalaciones de la empresa Distribuidora Fullerton.	49
Figura 4.2: Red de distribución interna de Fullerton.	50
Figura 4.3: Procesos de Distribuidora Fullerton.	51
Figura 4.4: Proceso de generación de envíos de la Distribuidora Fullerton.	52
Figura 4.5: Camión plataforma de Fullerton.	54
Figura 4.6: Camión carrozado con caja de Fullerton.	54
Figura 4.7: Camión de reparto Mitsubishi Fuso Canter de empresa Fullerton.	55
Figura 4.8: Furgón de reparto Ford Transit de empresa Fullerton.	55
Figura 4.9: Ejemplar de comprobante de envío de distribuidora Fullerton.	60
Figura 4.10: Esquema de tiempos de actividades de distribución Fullerton.	62
Figura 4.11: Área de distribución de productos de Fullerton.	65
Figura 4.12: Sectores de distribución de productos de Fullerton.	65
Figura 6.1: Red de distribución interna con rutas preestablecidas.	74
Figura 6.2: Modelo de toma de decisión del proyecto usando método AHP.	83
Figura 7.1: Ingreso de dirección de entrega en sistema informático modificado.	85
Figura 7.2: Esquema de simulación de procesamiento de pedidos actual en <i>software</i> Arena.	86
Figura 7.3: Esquema de simulación procesos de distribución actual en <i>software</i> Arena.	87
Figura 7.4: Esquema de simulación procesos de distribución modificado en <i>software</i> Arena.	88
Figura 7.5: Esquemas de recorridos actuales de vehículos.	89
Figura 7.6: Esquema de recorrido de vehículos con cambios en las funciones de las instalaciones.	90

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Costos de distribución por actividad industrial en los Estados Unidos y Europa.	6
Tabla 2.1: Diferenciación de niveles de servicios.	34
Tabla 2.2: Escala Saaty.	40
Tabla 4.1: Distancias por caminos entre instalaciones de Fullerton.	50
Tabla 4.2: Horarios de atención de Distribuidora Fullerton año 2019.	63
Tabla 6.1: Evaluación de propuestas de solución.	78
Tabla 6.2: Aplicación de Escala Saaty comparando indicadores de rendimiento.	80
Tabla 6.3: Factores de ponderación de indicadores según método AHP.	80
Tabla 6.4: Aplicación de Escala Saaty comparando propuestas de solución.	81
Tabla 6.5: Factores de ponderación de propuestas de solución según método AHP.	82
Tabla 6.6: Puntajes corregidos con los factores de ponderación del método AHP.	82
Tabla 7.1: Distancias ahorradas modificando la ubicación de centro de distribución a locales de venta.	90
Tabla 7.2: Recorridos semanales por sector de distribución.	91
Tabla A1.A: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (1/6).	100
Tabla A1.B: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (2/6).	101
Tabla A1.C: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (3/6).	102
Tabla A1.D: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (4/6).	103
Tabla A1.E: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (5/6).	104
Tabla A1.F: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (6/6).	105
Tabla A2.A: Muestra de la cantidad de entregas diarias por sector de reparto.	105
Tabla A3.A: Muestra de tiempos de estiba y despacho de vehículos de reparto a clientes.	106
Tabla A4.A: Muestra de atención en entregas por cliente.	107
Tabla A5.A: Muestra de tiempos de circuito de reparto por sector de entregas.	108

Glosario

Concepto	Explicación breve y detallada del concepto
Distribución	Reparto de un producto a los locales en que debe comercializarse (RAE, 2018).
Distribución de Última Milla	Hace referencia a los problemas de distribución que se generan en los últimos tramos de las cadenas de suministro, vale decir, antes de llegar a los consumidores finales (Ballou, 2004). Es el último eslabón de la cadena de suministro. Supone colocar el producto en el punto final de consumo. Conocido como Distribución Capilar en España, el problema de distribución de última milla (Fernández, 2014).
Indicador clave de desempeño	Es un medidor del desempeño de un proceso. Se expresa generalmente en valores porcentuales y se relaciona directamente con el objetivo de dicho proceso y su cumplimiento (Parmenter, 2007).
Resiliencia logística	Corresponde a la capacidad referente a la toma de decisiones de prevención y planeación de la recuperación ante fallas que pueden afectar sistemas logísticos (Romero et al., 2017).

Lista de Abreviaturas y Siglas

Sigla/Abreviatura	Significado
4G	Cuarta Generación de tecnologías de telefonía móvil.
4IR	<i>Fourth Industrial Revolution</i> , (Cuarta Revolución Industrial).
AHP	<i>Analytical Hierarchical Process</i> , (Proceso Jerárquico Analítico).
CCS	Cámara de Comercio de Santiago.
CF	Costos Fijos de la operación.
CLP	<i>Chilean Peso</i> , (Peso Chileno).
CMU	Contribución Marginal Unitaria.
CMU _i	Contribución marginal unitaria producto “a”.
COF _i	Costo total Localización i.
CV	Costos Variables de la operación.
CVU	Costo - Volumen - Utilidad.
CVUP	Costos Variables Unitarios Producto “a”.
DA	Distancias Ahorradas.
EIRL	Empresa Individual de Responsabilidad Limitada.
FIFO	<i>First in, first out</i> , (El primero en entrar, es el primero en salir).
FO _i	Medida de Localización del Factor Objetivo en la Localización i.
FODA	Fortalezas, Oportunidad, Debilidades y Amenazas.
FS _i	Factor Subjetivo localización i.
GPS	<i>Global Positioning System</i> , (Sistema de Posicionamiento Global).
IT	Ingreso Total de la operación.

Sigla/Abreviatura	Significado
ITS	<i>Intelligents Trasportation Systems America.</i>
KM	Kilómetros.
KPI	<i>Key Performance Index</i> , (Indicador clave de desempeño).
LIFO	<i>Last in, first out</i> , (El último en entrar es el primero en salir).
MTT	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile.
OLT	<i>Order Lead Time</i> , (Tiempo de entrega).
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
PFM	Problema de Flujo Máximo.
PFMC	Problema de Flujo de Mínimo Costo.
PPU	Placa Patente Única
PRM	Problema de Ruta Mínima.
PUCV	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
PV	Precio de Venta.
PVV	Problema del Vendedor Viajero.
PYME	Pequeña y Mediana Empresa.
RAE	Real Academia de la Lengua Española.
RS	Recorridos Semanales.
SD	Sector de Distribución.
TICs	Tecnologías de la Información y la Comunicación.
UO	Utilidad de la Operación.

Lista de Símbolos

Símbolo	Significado
A	Capacidad vehículo (Unidad de peso).
B	Flota óptima.
Γ	Cantidad demandada O y D (Unidad de peso por unidad de tiempo).
H	Nivel de Servicio.
T	Tiempo de ciclo (Unidad de tiempo).

Resumen

En la actualidad el comercio global ha permitido que exista mejor acceso a múltiples productos, lo que genera mayor demanda sobre la cadena de suministro, esto ha requerido el desarrollo de nuevos y mejores métodos de distribución.

Debido a las características de la vida moderna, el desarrollo de la tecnología y el uso de las TICs para las compras se hace más notoria la problemática generada en la distribución de última milla, es decir, la existencia de ineficiencias de la logística previa a la entrega de los productos a los clientes finales, tales como: demoras, costos adicionales, insatisfacción, entre otros, dadas por las características comunes de las empresas operadoras de estos servicios.

Este proyecto aborda la problemática, mediante el caso de una empresa dedicada a la distribución en la Región de Valparaíso en Chile, que respaldándose en las características de su sistema se busca mediante *software* de modelación, de gestión de flota, planificación, entre otros, diseñar un método para aumentar su eficiencia.

Para la elección de una alternativa de solución, se contrastan los criterios dados por el dueño de la empresa y por los preceptos de las teorías de la distribución de última milla, en donde se opta por la automatización de un proceso clave en las operaciones y una reestructuración del funcionamiento de las instalaciones de la empresa, lo que permite mejorar indicadores como OLT en 9 minutos, Intervalo de tiempo para la recepción que son apreciados por los clientes a criterio del administrador y la reducción de las distancias recorridas por los vehículos en aproximadamente 42.815 KM permitiendo una disminución de costos asociados.

Conceptos claves: Cadena de distribución, Distribución de carga, Redes logísticas, Problema de la última milla, Método AHP.

1 Introducción

El problema de distribución de carga es una de las más grandes dificultades que se presentan en cualquier cadena de suministro, sobre todo en la última milla, por lo tanto, podría ser considerado un tema que afecta a todos los consumidores, ya que obviamente no se tiene todo lo que necesita en el lugar, ni en el momento adecuado y se hace necesario que se provea de ello.

El problema de distribución de última milla hace referencia a la parte final de la cadena de suministro, es decir, en el último tramo de viaje, para que un producto llegue a sus consumidores finales, iniciando su recorrido desde donde se extrajo la materia, para posteriormente ser transformadas en él y finalizando en el consumo del producto manufacturado (Ballou, 2004).

Esta etapa de distribución surge por la necesidad de abastecer a los consumidores finales de los bienes requeridos, en un lugar y momento adecuado, dichos productos son generalmente emitidos desde donde se fabricaron o desde un centro de distribución. Es importante prestarle atención a la última milla, ya que su impacto sobre los costos de distribución puede llegar a superar el 28% de los costos logísticos de una empresa. Además, la urbanización afecta y retrasa los tiempos de entrega de productos, ya que la velocidad media en estas zonas es baja (Pineda, 2015), sumado a todo lo que provocan las bajas velocidades.

Toda persona al consumir bienes y/o servicios se integra a la cadena de suministro, debido a que se convierte en el destino del flujo, por lo tanto de la última etapa de esta, por ejemplo, a ir a comprar cualquier elemento, sea comida, herramientas, vestuario, entre otros, el cliente es el transportista, produciéndose la entrega al momento de comprar las cosas, ahora bien, ¿qué sucede cuando se terceriza esta acción?, seguramente será un cercano que compre algo a cargo del cliente, este caso, de él depende la entrega y se confía en que será así, también una empresa puede prestar ese servicio, a la que se le entrega alguna compensación económica a cambio, entonces aquí requiere en el fiel cumplimiento del transporte, ya que de por medio hay un acuerdo o un contrato que va más allá de la confianza, si esto se rompe, el cliente puede optar

por otra opción y la empresa pierde. Estas entidades dedicadas a la distribución, en búsqueda de maximizar sus utilidades prestan servicios simultáneos, a varios clientes de varios productos, pero dado que los recursos son escasos, existe una capacidad límite para atender, además: ¿cómo se acomodan todos los transportes comprometidos con sus limitaciones en personal y equipos?, es aquí donde se hace presente la gestión (Ballou, 2004).

La gestión de la distribución de última milla puede ser tan simple como el caso de un pedido individual, como en el de una multiplicidad de estos, siendo este último el objeto de estudio de este proyecto, específicamente en el caso de una empresa proveedora de alimentos.

1.1 Antecedentes del Problema en Estudio

El problema presente en este proyecto se enmarca en lo que se denomina “Problema de la Última Milla” o “Distribución Capilar”, el que está presente en la mayoría de las cadenas de suministros. Se puede entender como una situación cotidiana presente en muchos aspectos de las actividades humanas, ya que estas, en su mayoría se relacionan con abastecimiento (Pineda, 2015).

Según Pineda (2015), el problema es generado siempre por los costos, la complejidad de la geografías y distribuciones espaciales de los destinos asociados a esta y por sobre todo por la eficiencia y profesionalismo de los conductores y empresas que participan en las operaciones.

Además, Pineda (2015) señala que la distribución en la última milla es ejecutada en su mayoría por empresas pequeñas, emergentes y/o familiares, en lo que comúnmente se les conoce como PYME, representaron el 40,4% en el sector de Transporte y Almacenamiento” en Chile (Ministerio de Economía Fomento y Turismo, 2017), las que en su mayoría, no tienen incluidas políticas de transporte en sus operaciones y si las tienen son considerados marginales y sin la voluntad de ser mejoradas de manera seria, donde comúnmente esas “mejoras” obedecen a acciones de ensayo y error que, dadas por la intuición de los encargados del transporte se implementan y que no necesariamente significan una mayor eficiencia en el proceso.

A los clientes, compradores o consumidores les afecta este problema en la incertidumbre del tiempo que tardan en recibir sus productos, los tiempos de espera se pueden prolongar e incluso los costos aumentar, es decir, todo se reduce a la eficiencia de la operación. A las empresas y administradores los expone al inminente el riesgo de la competencia, la que se puede agudizar, debido a que otros se den cuenta de las falencias de los procesos que se llevan a cabo, mejorándolos y usándolos para beneficio propio y con esto obtener más y hasta mejores clientes (Pineda, 2015).

Pineda (2015), señala que el análisis del problema identificado se aborda desde el punto de vista de la operación, es decir, como se puede gestionar, administrar y planificar los procesos de distribución, los que pueden ser desarrollados en cualquier tipo de empresa o industria, según corresponda.

Este problema ha tomado mayor relevancia en el último tiempo dado el crecimiento de las ventas por internet, teléfonos u otros medios que no sean presenciales, es decir, los hábitos de consumo de las personas ha cambiado, las empresas están bajo la presión de ofrecer entregas más eficientes, en donde los estándares de servicio y la calidad son más altos, pero los tiempos y los precios deben ser más bajos (Pineda, 2015).

Los problemas descritos anteriormente han sido observados en la Distribuidora Fullerton, la que es un ejemplo claro de los casos en que se presentan las dificultades logísticas y administrativa de última milla, que restan eficiencia en la industria del transporte y en toda cadena de suministro.

1.2 Planteamiento del Problema

La configuración del transporte de última milla en muchos casos es administrada por las empresas de tal manera que tienen un solo origen, que usualmente es su centro de distribución y múltiples destinos, que corresponden a domicilios de clientes u otro tipo de recintos que necesiten abastecimiento.

En la gestión real de la distribución de última milla, los destinos cambian, debido a que muchas veces se trata de repartos hechos en base a pedidos, los que se acumulan al día, a la semana, mes, temporada o año, antes de ser entregados, de esto se dependen dos posibles casos: uno en el que los destino sean habituales, en donde es posible establecer una ruta definida o predeterminada, el otro caso que se conjuga es que los destinos sean no habituales, es aquí donde surge un problema de ruteo, pero el transporte no se trata solo de distancia, también el terreno, la geografía, los tipos de carga y los clientes varían y afectan a la gestión.

Al tratarse de transporte de carga, muchas empresas tienen su segmento de productos bien definidos, tienen vehículos especializados para ello, pero no es posible anticipar la cantidad a transportar, debido a lo anterior es que muchas empresas se posicionan dentro de limitantes autoimpuestas en base a su experiencia, para evitar problemas y no enfrentar algunos desconocidos, pero no siempre dichas limitaciones pueden ser cumplidas, debido a la incertidumbre de la demanda, que muchas veces les juega en contra.

Las empresas dedicadas al transporte en la última milla de la cadena de suministro en el caso de Chile cumplen, en su mayoría, las características expuestas en la sección 1.1 “Antecedentes del Problema en Estudio”, como se ilustra en la Figura 1.1, en donde el tipo de empresas allí descrita representa un 40,4% del sector “Transporte y Almacenamiento” del país (Ministerio de Economía Fomento y Turismo, 2017).

El tipo de empresas familiares, implica en muchos casos, que estas organizaciones no cuenten con reglamentos, protocolos o sistemas profesionales de reparto, de procesamiento de datos o incluso políticas de transporte, debido a que solo se basan en su experiencia y en consecuencia presentan una fuerte resistencia al cambio, lo que lleva a una ineficiencia apenas percibida por estos entes, por ejemplo en sus costos de operación, los que son altos, pero pasando como normal, sin embargo, estos si son vislumbrados desde el punto de vista de los clientes, debido a los prolongados OLT de la empresas de la industria, además muchas veces las empresas de la competencia funcionan de manera similar, de forma que no se busquen mejoras significativas en sus procesos.

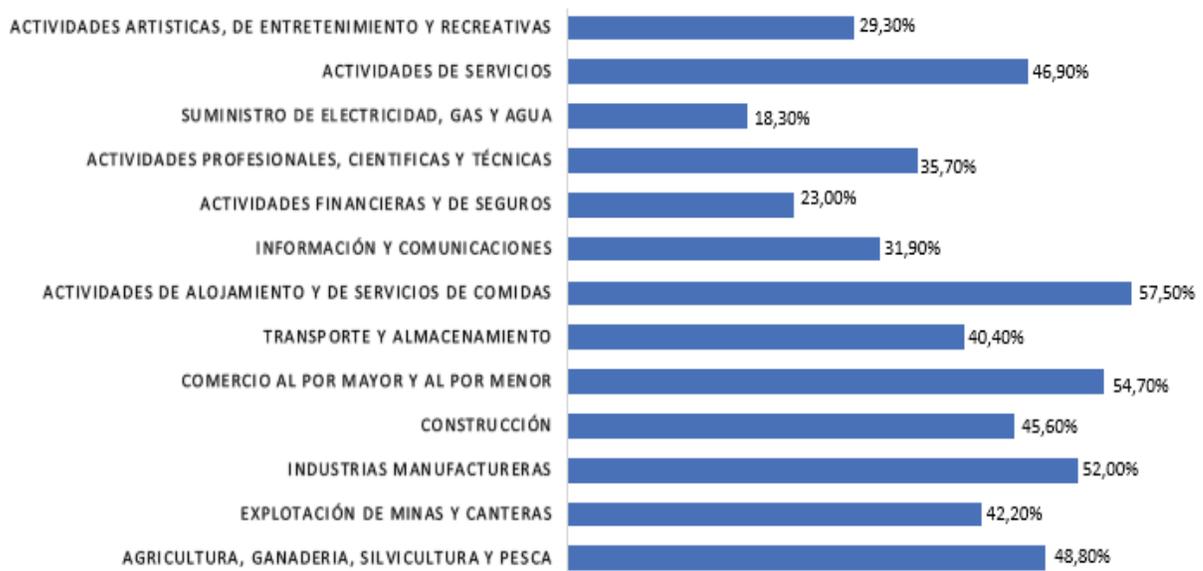


Figura 1.1: Empresas familiares según sector económico.

Fuente: Recuperado del Informe de resultados: Empresas en Chile (Ministerio de Economía Fomento y Turismo, 2017).

Además, las políticas públicas respecto a la logística urbana deben enfocarse a nivel estratégico para proyectar plataformas logísticas, con esto colaboran en la distribución de última milla (Adarme et al, 2014).

Los problemas descritos anteriormente han podido ser observados en la Distribuidora Fullerton, la que es una empresa de origen familiar de la comuna de Villa Alemana en la Región de Valparaíso.

1.3 Justificación del Problema

El problema en la distribución de la última milla provoca un efecto desfavorable en la cadena de suministro, debido a la proporción de costos que esta representa, tal como se puede apreciar en la Tabla 1.1, donde los datos representan el porcentaje de los costos de distribución respecto de los costos totales que implicó la distribución en el año 1985 en las diferentes industrias, comparando ambas realidades allí enunciadas, donde es claro identificar que la proporción de estos costos varía según donde se analice.

Tabla 1.1: Costos de distribución por actividad industrial en los Estados Unidos y Europa.

LUGAR	ACTIVIDAD INDUSTRIAL	PORCENTAJE
Estados Unidos	Alimentación y factores Alimenticios	27
	Maquinaria	9
	Productos químicos	22
	Papel	16
	Metales primarios	25
	Productos de madera	16
Europa	Aeroespacial	13
	Agricultura	13
	Bebidas/Alimentación	31
	Materiales de construcción	25
	Ropas/Textiles	23

Fuente: Datos extraídos del Adaptado del Ministerio de Comercio de los Estados Unidos 1985, usado en el libro Gestión de la Distribución Comercial (West, 1991).

Si bien los datos anteriormente expuestos son de una relativa antigüedad, es posible identificar que en esos años los costos de distribución ya representaban una importante proporción, además, cabe destacar que los lugares donde está hecho el análisis se pueden considerar del primer mundo, en donde las operaciones tienden a ser más ordenadas y controladas, también bajo la premisa del aumento de las operaciones de distribución es razonable pensar que estos datos se han mantenido o aumentado, por ejemplo, en Chile en el año 2013 los costos de transporte y distribución en las empresas en general, representaron un 33,62% de los costos totales de operación (Ramos, 2013). Es importante considerar este problema como una oportunidad de desarrollo, ya que es algo que de por sí debe mejorar, y gracias al avance tecnológico tendería a aumentar las compras no presenciales, es decir, usando las TICs, sumado al creciente costo de los combustibles usados por los vehículos de reparto.

Un cambio en los procesos, en búsqueda de una mejora en la eficiencia, posibilita un aumento en los ingresos de las empresas, pero el cambio más notable afecta a sus clientes, debido a que se reducen muchos problemas de abastecimiento, de pérdida de tiempo, entre otros, generando mayor confianza en los servicios, aumentando la preferencia por estos, lo que conlleva un posible crecimiento de la empresa, tanto en personal, como instalaciones y servicios.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de distribución en una empresa proveedora de alimentos, mediante un modelo de optimización, para obtener mejoras relacionadas al problema de última milla.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar la problemática y las políticas operativas del proceso de distribución de última milla, mediante revisión de bibliografía, para entender como es abordada en el caso de estudio y contrastar con otros casos relacionados que ayuden a establecer las propuestas de solución.
- Identificar posibles soluciones a la distribución, utilizando un análisis basado en lo establecido en la bibliografía, para reducir los tiempos de espera de los clientes.
- Proponer un modelo de distribución, con el apoyo de modelos lineales de optimización, para lograr mejorar los niveles de servicio.
- Analizar los datos de la situación propuesta, mediante la comparación con los datos de la situación actual, para dar validez al nuevo sistema propuesto.

1.5 Alcances y Límites

Los resultados del presente proyecto tienen como fin último la creación de un sistema de distribución para la empresa del caso de estudio, estando limitados al ruteo de vehículos y a sus procesos operativos, como a empresas de similares características.

La etapa de la cadena de suministro analizada en este caso es solamente la que corresponde a la distribución de productos terminados, exceptuando ocasiones en que sea necesario tratar otras áreas.

1.6 Metodología del Proyecto

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos se procede en un comienzo, a indagar en la bibliografía elegida, encontrándose algunos libros en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, el resto en internet y otras bibliotecas. Además de libros, se apoya la recopilación de antecedentes en artículos publicados por expertos en revistas sobre transporte y logística, para dar respaldo sobre temas como: distribución de carga, tecnología en logística, redes de transporte, modos de transporte, dimensionamiento de la flota y administración, ya que son parte de los pilares más importantes de esta temática (Garrido, 2001). La recopilación de información en el caso de estudio se hará en terreno, apoyado por los dueños y trabajadores de la empresa.

Para construir un modelo de distribución debe utilizar la información recopilada en la empresa, identificando los puntos clave de esta y lo efectivamente útil, eligiendo la mejor solución con el modelo AHP, para posteriormente proceder con la ayuda de herramientas y software de modelación, en este caso *Bizagi Modeler* y *Arena*, además el apoyo de sistemas de planificación, teoría de flujo de mínimo costo, ruta mínima y flujo máximo y propuestas para la toma de decisiones, tales como la localización de instalaciones y gestión de flota de transporte.

Para el análisis de los resultados obtenidos se usan criterios establecidos en la información recopilada de la bibliografía, tales como programación lineal, modelos de planificación, dimensionamiento de flotas, ruta mínima y flujo máximo, apoyado en todo momento por la simulación. La propuesta de solución se debe simular para validarla, comparándola con la situación actual, en el software elegido (Singer, 2013).

1.7 Estructura del Informe

El siguiente capítulo se denomina Marco Teórico e incluye los temas que influyen en la industria, como la logística, la distribución, la cadena de suministro, para contextualizar la problemática a tratar por el proyecto y definir los posibles modelos de optimización que se usan.

El tercer capítulo se denomina Estado del Arte, en él se enuncian y detallan trabajos relacionados a las temáticas asociadas al presente proyecto, con el propósito de establecer relaciones y lineamientos básicos con el ambiente en cuestión en que se está inmerso.

En el capítulo denominado “Situación de distribución actual del Caso de Estudio”, se detallan las características de este, haciendo énfasis en cómo se presentan actualmente, con el propósito de describir en detalle los aspectos más importantes a considerar, para poder relacionarlos con algunos presentes en la realidad y sus implicancias en la eficiencia de la cadena de suministro.

El quinto capítulo tiene el propósito de extraer los principales problemas detectados en la situación de distribución actual del caso de estudio, incluyendo datos para ser tomados como referencia en las siguientes etapas del proyecto, en definitiva, relaciona a dicha “situación actual” con la situación problema para establecer las bases para las posibles soluciones.

En el capítulo denominado “Propuestas de Solución” se detallan los principales lineamientos en los que se enfocarán las posibles soluciones a los problemas detallados en el capítulo anterior, con el propósito de ser desarrollados de manera que permitan establecer las de mayor relevancia para el desarrollo del proyecto.

El séptimo capítulo tiene por finalidad describir la implementación de las soluciones de mayor prioridad, basándose en los análisis del capítulo anterior, para lo cual se utilizan los datos obtenidos de la situación actual, para finalmente describir los resultados obtenidos de la simulación.

El último capítulo tiene por finalidad, analizar las implicancias de la aplicación de la solución propuesta por el proyecto, describir en detalle los resultados obtenidos de la simulación y de una posible aplicación en el caso de estudio, para finalmente exponerlos de manera simple y clara, dando pie a posibles trabajos que continúen desarrollando lo tratado en este proyecto y temáticas similares que tengan implicancia en ellas.

2 Marco Teórico

Con el propósito de brindar los lineamientos en los que se basa el proyecto, el presente capítulo detalla una serie de conceptos, teorías y tendencias relacionados a la cadena de suministros, modos de transporte, operaciones y tecnologías asociadas, que serán usados para el cumplimiento de los objetivos.

2.1 Logística

La logística puede definirse como la parte de la organización militar que atiende al movimiento y mantenimiento de las tropas en campaña. Además, es el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa o de un servicio, especialmente de distribución (RAE, 2018).

Consecuentemente, “la logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes” (Ballou, 2004).

También es posible definirla como los procesos de planificación, ejecución y control de la compra, movimiento y posicionamiento de personal, materiales y otros recursos para lograr los objetivos de una empresa, proyecto o estrategia, o bien, como la “gestión del inventario en movimiento y en reposo” (WebFinance Inc, 2019).

En el último tiempo, su relación con transporte se ha fortalecido a tal punto que muchas veces relacionan a la distribución física con la logística, considerando el flujo de productos e información. Además, transportistas y despachadores actualmente no pueden considerarlas por separado debido a la mutua dependencia de ambos términos, tanto así que el ruteo, elección de modalidad de transporte y localización de recursos y estrategias de marketing son parte del mismo sistema (Garrido, 2001). Lo expuesto anteriormente se puede representar tal como está en la Figura 2.1 mediante el denominado Triángulo de la toma de Decisiones Logísticas.

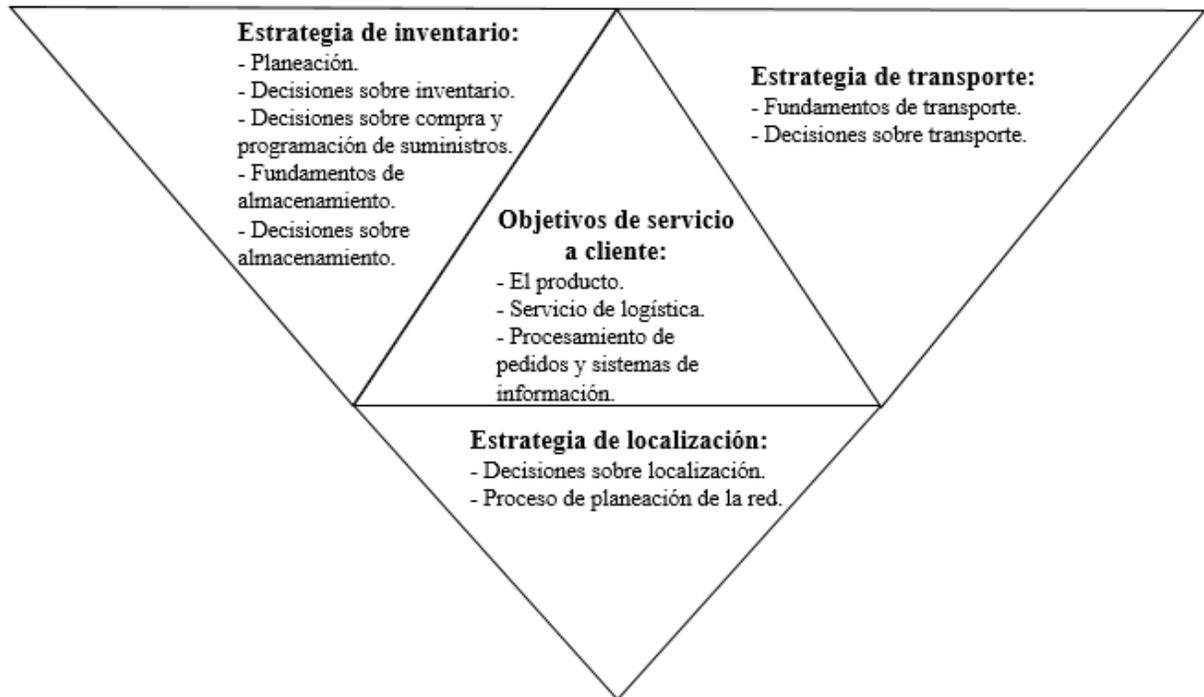


Figura 2.1: Triángulo de decisiones logísticas.

Fuente: Extraído del libro Logística: administración de la Cadena de Suministros (Ballou, 2004).

Según Ballou (2004), existe la logística de los negocios, la que trata del trato coordinado de las actividades de transporte e inventario, señalando que “la logística añade valor a los productos o servicios esenciales para la satisfacción del cliente y para las ventas”.

2.2 Cadena de Suministros

Es una serie de actividades logísticas tales como transporte, almacenamientos, control de inventario, proveedores y clientes, que en forma secuencial permiten la transformación de materia prima en productos terminados, agregándole un valor al consumidor y dado que las fuentes de materias primas, la fabricas y los puntos de venta generalmente no están ubicados en el mismo lugar se requieren procesos de logística, generándose un flujo de elementos, sean materias primas, productos semiterminados, terminados, información, etc., en dirección a los consumidores finales, pero además puede producirse uno en sentido contrario, sea de datos y los mismos productos en el caso de ser defectuosos o para su reciclaje (Ballou, 2004). En la Figura 2.2 se ejemplifica el sentido de los flujos individuales de productos e información.

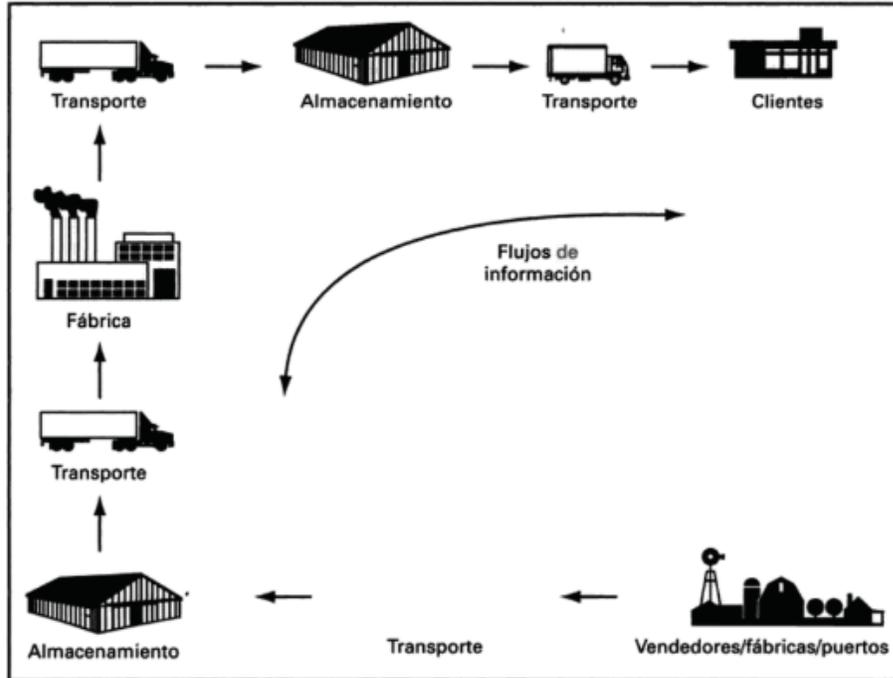


Figura 2.2: Flujos en la cadena de suministro.

Fuente: Extraído del libro Logística: administración de la Cadena de Suministros (Ballou, 2004).

2.3 Administración de la Cadena de Suministros

La administración de la cadena de suministro, también conocida como *Supply Chain Management* o por sus siglas SCM, se define como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio y de las tácticas a través de estas funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de las empresas que participan en la cadena de suministros con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la cadena de suministros como un todo (Mentzer et al, 2001).

Encierra la esencia de la logística integrada, enfatiza en las interacciones de la logística que tienen entre las distintas funciones de marketing, logística y producción en una empresa e incluso entre estas. Además, abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de extracción de materia prima hasta el usuario final. El modelo de dirección de SCM puede ser visto como un conducto directo de transmisión, tal como se aprecia en la Figura 2.3.

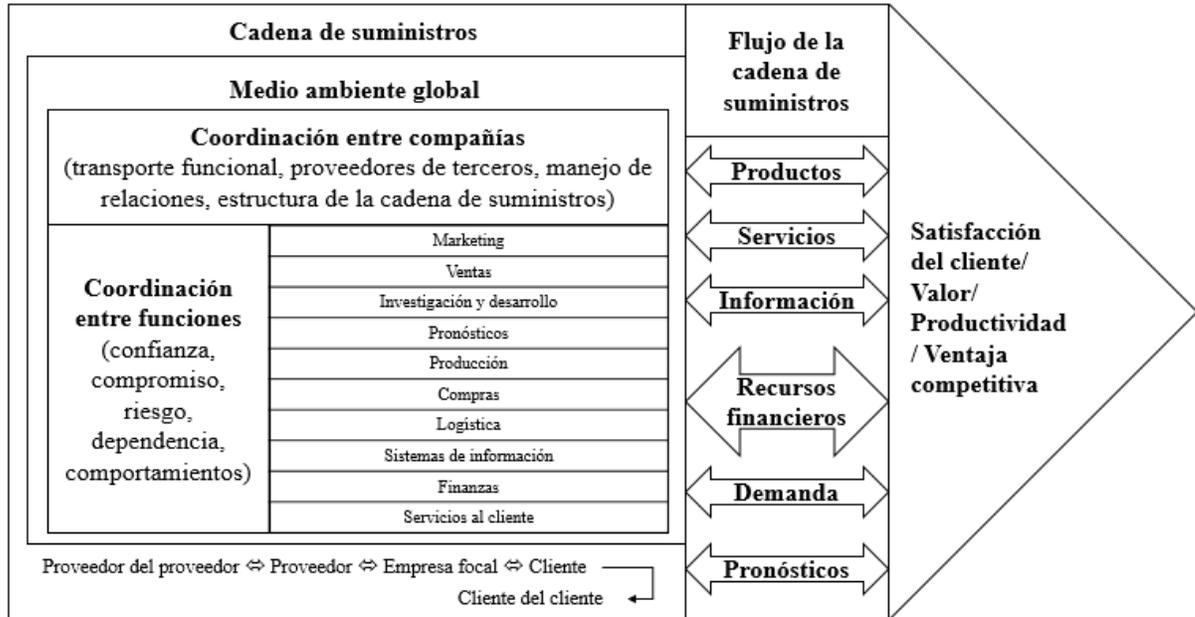


Figura 2.3: Modelos de dirección de la cadena de suministro.

Fuente: Extraído del libro Logística: administración de la Cadena de Suministros (Ballou, 2004).

2.4 Distribución

La distribución se enmarca en la Cadena de Suministro y corresponde al conjunto de actividades, que se realizan desde que el producto ha sido elaborado por el fabricante hasta que es comprado por el consumidor final, todas sus operaciones tienen por objetivo hacer llegar el producto en donde será usado (Kotler, 1991).

El consumidor moderno tiene “el mundo en sus manos” si disfruta de las ventajas de un entorno económico, político y social desarrollado, el decide qué, cuándo, dónde y cómo va a realizar su compra, ampliado actualmente por la implementación del comercio electrónico. Los sistemas de distribución se crean con el propósito de hacer llegar los productos del fabricante hasta el consumidor mediante intermediarios, escogiendo el canal más adecuado y los medios que proporcionan el mejor servicio al menor costo posible (Sainz, 2001). En la Figura 2.4 se puede apreciar un esquema de distribución básico, con los intermediarios y el flujo de productos, además se observa a un costado el sentido de aumento de los costos del proceso.



Figura 2.4: Esquema de distribución.

Fuente: Extraído del libro *La distribución comercial: opciones estratégicas* (Sainz, 2001).

2.5 Distribución de Última Milla

La distribución de última milla es el último eslabón de la cadena de suministro. Supone colocar el producto en el punto final de consumo. Conocido como Distribución Capilar en España, el problema de distribución de última milla (Fernández, 2014).

Es una etapa crítica dentro de la distribución ya que puede frenarla, además de provocar pérdidas económicas a causa de ineficiencias por problemas de la operación, es decir la estrategia (directo, vía intermediario o puerta a puerta) y características de los vehículos o factores externos, como la influencia de la infraestructura de transporte disponible (Giordano, 2016).

El problema de la última milla hace referencia a las dificultades que se generan en los últimos tramos de las cadenas de suministro, vale decir, antes de llegar a los consumidores finales (Ballou, 2004). Es potenciado por la complicada gestión de tráfico, debido al incremento de la cantidad de vehículos en las calles, la preocupación por la contaminación, el desarrollo de nuevas formas de comercio (comercio electrónico) el que provoca aumento en las entregas pequeñas y frecuentes, las medidas para contrarrestar lo anterior, entre otros (Giordano, 2016).

2.6 Redes Logísticas

Las redes logísticas corresponden a la representación gráfica de los flujos de elementos en un sistema, teniendo dos principales elementos que las componen, vale decir nodos y arcos, a lo que se le denomina Grafo. Los nodos representan la intersección de los arcos, generalmente son instalaciones generadoras o receptoras de elementos, tales como productos, información, entre otros, además, dentro de estos elementos es posible identificar puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias, centros de distribución, bodegas, fábricas, recintos de clientes o puntos de demanda y de oferta del flujo, entre otros. Los arcos representan al flujo de transporte entre los nodos de la red, es decir, vehículos, productos, carga, pasajeros, información, componentes, entre otros (Garrido, 2001).

A modo de ejemplo en la Figura 2.5 se muestra una red logística correspondiente a los vuelos de la aerolínea argentina Austral, en donde los nodos presentan los aeropuertos del país en los que dicha aerolínea presta servicios de transporte de pasajeros, es decir ofrece los destinos y los arcos representan los vuelos y conexiones aéreas que realiza la aerolínea cubriendo el territorio de ese país sudamericano.

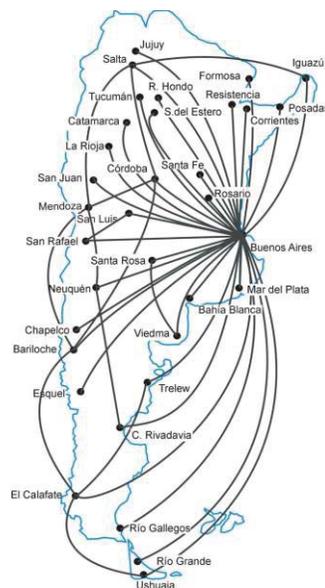


Figura 2.5: Rutas domésticas de la aerolínea Austral.

Fuente: Extraído del sitio web argentino Gaceta Aeronáutica (Potenze, 2013).

El uso de esta representación gráfica permite una mejor comprensión de los sistemas logísticos y de transporte para su uso en métodos matemáticos de análisis, generalmente de programación lineal, pero además permite el entendimiento empírico del sistema logístico y de transporte.

Las redes logísticas en la actualidad deben ser reconocidas como una integración entre las actividades y los procesos, debido a la mutua dependencia de ellos. Además, para una correcta operación de esta es importante considerar la localización de las instalaciones, las capacidades de la red y sus costos.

Las empresas deben realizar un correcto análisis de su red, ya que el diseño de esta implica una logística certera debido a que constituye las actividades más importantes de esta. “Como actividad empresarial, la logística ha encontrado su desarrollo, aplicándose principalmente a las funciones de suministro, almacenamiento, producción, distribución y consumo” (Flores et al, 2012).

Una red logística incluye a: Proveedores, Centros de producción, almacenes centrales, nacionales, regionales, locales y de tránsito, también es posible denominarle “Logística Empresarial” (Soret, 2004), además de los puntos de venta y los clientes, los que se relacionan entre sí de forma genérica, tal como se muestra en la Figura 2.6.

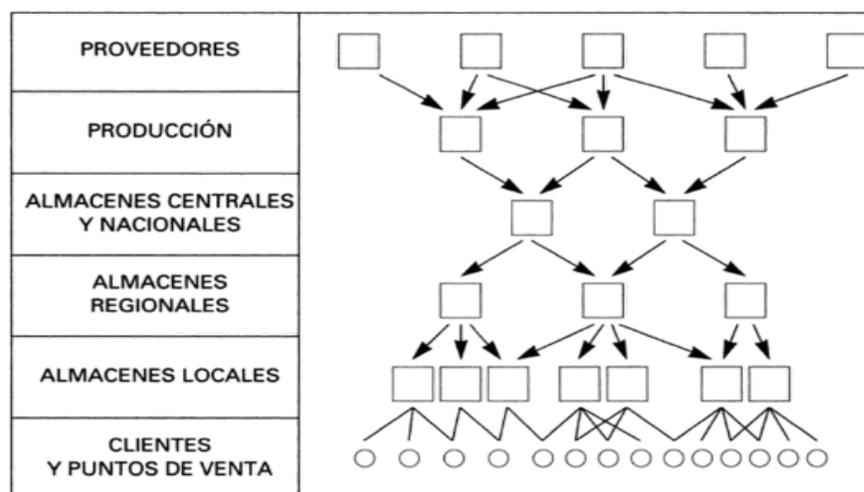


Figura 2.6: Logística empresarial.

Fuente: Extraída del libro Logística Comercial y Empresarial (Soret, 2004).

Soret (2004) en su libro Logística Comercial y Empresarial considera también que una red logística puede originarse por el flujo de materiales dentro de una unidad de producción, iniciándose con la disponibilidad de materiales y componentes hasta su expedición como producto final. Además, postula que dentro de esta red pueden existir intermediarios, que corresponden a empresas que realicen algunos de los procesos, los que traen consigo una serie de ventajas, entre ellas se encuentran:

- Financiación de la empresa.
- Absorción de parte de la responsabilidad.
- Pueden reducir el costo de almacenamiento y transporte.
- Están más cerca del consumidor.
- Reducen el número de contactos entre el fabricante y el consumidor.
- Permiten integrar opciones de distribución complejas en cantidad y distancias a bajo costo.

Pero su uso implica que estos tomen algún margen de beneficio, aumentando en algunos casos el precio del bien o servicio sobre el consumidor final, entre los intermediarios más comunes se puede mencionar a los operadores logísticos en todos sus niveles.

2.6.1 Localización de Instalaciones

Una de las principales implicancias de la administración de la cadena de suministros y la gestión de las redes corresponde a la ubicación de instalaciones, como también el tipo y tamaño de estas, debido a que representan los puntos en los cuales se enfrentará a la demanda, tanto de insumos por parte de la empresa desde los proveedores, como también por donde se atenderá a los clientes, además de lo anterior es importante considerar los costos que traerá consigo esta decisión, debido a las distancias a cubrir por la conexión con las demás instalaciones a través del flujo de productos e información y la jerarquía para la consecución de los objetivos de la organización (Ballou, 2004).

Las estrategias de localización toman otro tenor con las tendencias económicas actuales, tales como la creciente internacionalización de la economía, lo que implica que las empresas traspasan las fronteras para competir a nivel mundial, también está presente la automatización de los procesos, que conlleva a que las preocupaciones de los gerentes se centren en varios casos en la búsqueda de mano de obra barata o en otros factores, debido a la pérdida de importancia de los costos del recurso humano, privilegiando otros. Además es importante considerar las mejoras del transporte, del desarrollo de las tecnologías informáticas y de las comunicaciones, lo que ayuda a la diversidad geográfica y apoyado por el énfasis al servicio al cliente y las entregas rápidas permiten una amplia gama de decisiones, también es importante destacar el uso de las políticas “*Just in Time*” o justo a tiempo que apoya la localización próxima entre clientes y centros de distribución y/o ventas (Carro & González, 2012).

Según Carro & González (2012) para la decisión sobre la localización de instalaciones deben considerarse una serie de factores que son importantes para la empresa, estos deben ser jerarquizados, para darles una prioridad sobre otros al momento de decidir, un ejemplo de estos factores lista a continuación:

- Materia Prima: Fuentes, disponibilidad, proveedores, sustituto de materias primas, importaciones, conocimiento del mercado, etc.
- Control Ambiental: Legislación, afluentes, concentración de la polución, dirección de afluentes y desperdicios.
- Factores de la Comunidad: Disponibilidad de casas, costo de la propiedad, aspectos culturales, religiosos, educación, servicios de salud, etc.
- Mercado: Puede ser según producto (precio actual y futuro, localización geográfica, demanda, tendencia) y distribución (distancias, costos de fletes, tamaño de inventarios, tiempo de transporte).
- Energía eléctrica y combustibles: Disponibilidad (cantidad, calidad y confiabilidad), fuentes energéticas, costo de las fuentes, etc.

- Agua: Disponibilidad (régimen legal de uso, calidad y confiabilidad), costo de suministro, etc.
- Desarrollo del lugar y disponibilidad del terreno: Características del terreno, disposición de espacio, costo del suelo, acceso a servicios, etc.
- Comunicaciones: Transporte del personal, señal de telefonía móvil, teléfono, conexión a internet, radio, etc.
- Aspectos legales: Impuestos, incentivos (reducciones y exenciones), promociones, etc.
- Restricciones: Autopistas, aeropuertos, recintos militares, parques nacionales, etc.
- Condiciones climáticas: Huracanes, tornados, presión atmosférica, efecto sobre las inversiones, altura geográfica, temperatura, humedad, etc.
- Medios de Transporte: Hacia las fuentes de materias primas, hacia el mercado, frecuencia, costos, distancias, etc.
- Mano de obra: Disponibilidad, calidad, costo, relaciones sindicales, estabilidad de convenios, etc.
- Otros: Mantenimiento, reparaciones, seguridad, etc.

Los autores Carro & González (2012), sugieren el uso de calificaciones al comparar las ubicaciones en la localización, postulan el uso de una variación de un modelo propuesto por Brown y Gibson, el que combina factores posibles de cuantificar con los que son subjetivos, asignándoles valores ponderados de peso relativo. El modelo consta de cuatro etapas, las que son:

- Estimar un valor relativo a cada factor objetivo para cada localización optativa viable: debe fijarse un factor objetivo (el más importante a considerar), para luego calcular su medida de localización, en la Ecuación 2.1 se detalla este proceso, con las variables respectivas.

$$FO_i = \left[COF_i * \sum_{j=1}^{j=n} \left(\frac{1}{COF_{ij}} \right) \right]^{-1} \quad (2.1)$$

Donde:

FO_i = Medida de Localización del Factor Objetivo en la Localización i.

COF_i = Costo total Localización i.

n = número de localizaciones a comparar.

- Estimar un valor relativo a cada factor subjetivo para cada localización optativa viable: se deben establecer medidas de comparación, que consisten en establecer una calificación W para cada localización en base a las calificaciones del factor en la localidad, respecto del total de ese factor para todas las localizaciones y determinar otra calificación R para cada factor en base a las calificaciones del factor en la localidad respecto de los factores para esa misma localidad, ahora bien se debe determinar la medida del Factor Subjetivo, mediante la Ecuación 2.2.

$$FS_i = \sum (R_{ij} * W_j) \quad (2.2)$$

Donde:

FS_i = Factor Subjetivo localización i.

R_{ij} = Calificación obtenida a partir de la proporción que representa el factor j en la suma de las calificaciones de la localización i.

W_j = Calificación obtenida a partir de la proporción que representa el factor j en la suma de su calificación en las localidades a evaluar.

- Combinar los Factores anteriormente calculados, asignándoles una ponderación relativa, obteniendo la Medida de Preferencia de Localización, mediante la Ecuación 2.3.

$$MPL_i = (k * FO_i) + ((1 - k) * FS_i) \quad (2.3)$$

Donde:

MPL_i = Medida de Preferencia de Localización i.

FO_i = Medida de Localización del Factor Objetivo en la Localización i.

FS_i = Factor Subjetivo localizacion i.

k = ponderaciones asignadas a cada tipo de factor.

- Selección del lugar de localización: se realiza escogiendo la localización que posee la mayor MPL respecto de las otras.

2.6.2 Problema de Flujo de Mínimo Costo

La utilización de la representación gráfica de redes, descrita anteriormente, permite el uso de modelos matemáticos para su gestión, tal como los usados en la resolución del Problema de Flujo de mínimo Costo, el que consiste en determinar un flujo de mercancías a mínimo costo a través de una red, lo que ayuda en la distribución de productos y el ruteo de llamadas a través del sistema telefónico.

El PFMC se aplica en una red dirigida denominada $G(N,A)$, donde los arcos son identificados con la notación “ij”, siendo “i” el nodo de origen y “j” el de destino, a cada uno se le asocia un costo unitario de usarlo, además poseen una capacidad máxima representada genéricamente como “u” y una mínima “l” que debe usarlo. Para los nodos se tiene asociado un número que representa la demanda si es positivo y negativo si genera oferta, conociéndose comúnmente como nodo sumidero o fuente respectivamente, cabe destacar que, si ese valor es nulo,

representa que solo hay transferencia de flujo (Garrido, 2001). En la Ecuación 2.4 se aprecia de manera matemática la función objetivo de la solución a este problema.

$$\text{Min} \sum_{\forall(i,j) \in A} C_{ij} * X_{ij} \quad (2.4)$$

Donde:

C_{ij} = Costos del arco que va desde el nodo i al j .

X_{ij} = Flujo que usa el arco que va desde el nodo i al j .

A = Conjunto de arcos del Grafo.

Siendo la Oferta o Demanda del nodo representada matemáticamente como la sustracción entre el flujo que sale y el que entra, identificándose para este caso los nodos fuente y nodos sumidero. (Garrido, 2001). En las Ecuaciones 2.5, 2.6 y 2.7 se presenta lo descrito anteriormente.

$$\sum_{\{j/(i,j) \in A\}} X_{ij} - \sum_{\{j/(i,j) \in A\}} X_{ij} = b(i) \quad \forall i \in N \quad (2.5)$$

$$l_{ij} \leq X_{ij} \leq u_{ij} \quad \forall(i,j) \in A \quad (2.6)$$

Donde:

$b(i)$ = Oferta o Demanda de flujo en el nodo i .

N = Conjunto de nodos del grafo.

l_{ij} = Flujo mínimo que debe pasar por el arco que va desde el nodo i al j .

u_{ij} = Capacidad máxima del arco que va desde el nodo i al j .

Además de lo anteriormente descrito, es importante destacar que el flujo que se emite desde los nodos fuente debe ser absorbido por los nodos sumideros, no sobrando o faltando flujo en la red, esto se puede representar por la sumatoria de las Ofertas o Demandas de los nodos, la que debe ser igual a cero, tal como se muestra en la Ecuación 2.7.

$$\sum_{i=1}^n b(i) = 0 \quad (2.7)$$

Donde:

n = Cantidad de nodos de la red.

2.6.3 Problema de Ruta Mínima

Es una derivación del PFMC, busca una ruta de mínimo costo desde un nodo fuente hasta un sumidero, sirve para encontrar la ruta con menor longitud, menos probabilidad de accidentes, etc. La solución del problema enviará una unidad de flujo desde un nodo a otro, independientemente si están conectados por uno o varios arcos, de tal manera que minimice el costo total, con capacidad infinita de los arcos (Garrido, 2001).

2.6.4 Problema de Flujo Máximo

Es complementario del PRM, no considera el costo de atravesar los arcos, sino que la capacidad máxima de estos, su solución busca enviar la mayor cantidad de flujo a través de la red, es decir, maximiza la utilización de los arcos, partiendo por obtener la capacidad máxima de la red y adecuando el flujo a las diferentes rutas posibles (Garrido, 2001).

2.6.5 Problema del Vendedor Viajero

Es un proceso de optimización combinatorial, que consiste en encontrar “la mejor forma de realizar un trabajo de un vendedor que debe visitar posibles clientes dispersos en una región

geográfica”, se representa en un grafo de manera que cada cliente sea un nodo y estén conectados a través de arcos que tienen asociado un costo, el que usualmente aumenta con la distancia en el plano. Este problema consiste en encontrar la ruta de menor costo de manera que se recorra a cada uno de los clientes solo una vez, comenzando y terminando en el mismo nodo (Garrido, 2001).

El PVV puede ser representado matemáticamente dado un grafo $G(N,A)$, donde “N” representa al número de clientes y “A” al conjunto de arcos. Además, existen costos asociados a cada arco y representados por “C”, entonces la solución al problema consiste en encontrar una ruta “W” que cumpla las condiciones estipuladas, es decir, minimizar el costo total, Tal como se muestra en la Ecuación 2.8.

$$\text{Min} \sum_{\forall(i,j) \in W} C_{ij} * X_{ij} \quad (2.8)$$

Donde:

X_{ij} = Variables de decisión de uso de arcos.

El valor de la variable de decisión del PVV puede ser 1 si se visita al cliente “i”, antes del cliente “j”, es decir, se utiliza el arco “ij” perteneciente al grafo, en cambio, este valor es 0 si la acción anterior no se realiza.

Este problema presenta una gran dificultad, debido a la cantidad de posibles soluciones, es por esto que se siguen dos tendencias, algoritmos y heurística, en donde la primera consiste en encontrar una solución óptima usando la matemática, pero esto solo aplica a problemas de reducido tamaño, en cambio en la segunda se usan métodos que intentan aproximarse al pensamiento humano, por ejemplo: “escoja un cliente, siga con el más cercano, y así sucesivamente” (Garrido, 2001).

Los métodos heurísticos de solución del PVV para se clasifican en métodos de inserción y de ahorro, en donde los de inserción consisten en escoger nodo más cercano al de inicio e incluirlo dentro la ruta, luego en el siguiente y así sucesivamente, en cambio los métodos de ahorro podemos encontrar una serie de métodos matemáticos, que de acuerdo con el contexto del presente proyecto y según los señalado por Garrido (2001), el denominado “Método heurístico de Clarke y Wright para vehículos de reparto” es el más adecuado para analizar.

El método heurístico de Clarke y Wright consiste en comparar las opciones de visitar un cliente a la vez con vuelta al nodo inicial o “depósito”, con la de visitar varios antes de regresar, debiendo escogerse la ruta que representa un menor costo, esto se realiza calculando el costo ahorrado de visitar a más de un cliente antes de volver. En la Ecuación 2.9 se presenta el cálculo del ahorro de visitar al nodo “i” y luego al “j” en la misma ruta originada en el “nodo 0”.

$$S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij} \quad (2.9)$$

Donde:

S_{ij} = Ahorro del par de nodos “ij”.

Luego deben ordenarse los ahorros de todos los pares de nodos del grafo de mayor a menor en una lista, posteriormente deben formarse rutas más largas desde la ruta de mayor ahorro hasta incluir a todos los nodos del grafo, respetando en el caso de vehículos de reparto sus capacidades y satisfaciendo la demanda de cada cliente. En el caso de tener restricciones en la duración de los viajes y cantidad de vehículos, este problema se denomina “m-PVV” (Garrido, 2001).

2.7 Modos de Transporte

“El movimiento físico de mercancías a través de las fronteras, o transporte de mercancías, puede realizarse usando uno o más un modo de transporte” (ONU, 2012). Lo anterior implica la elección de una modalidad que se ajuste a las necesidad de la operación.

Las opciones de transporte responden a la diversidad de factores presentes en estas operaciones. “Los diferentes modos (aéreo, marítimo, carretero, ferroviario, vías navegables interiores) tienen distintos procesos y requisitos de información. Ello se deriva, en parte, por las diferencias en infraestructura, en la capacidad para manejar cargas grandes o pequeñas, y también por los distintos regímenes internacionales, nacionales o incluso locales que aplican a cada modo específico” (ONU, 2012).

En el caso de la distribución de última milla, el modo más adecuado es el carretero, debido a que entrega este permite las entregas puerta a puerta, es decir, sin intermodalidad. Los medios más usados de este modo, para este tipo de distribución, son: bicicletas, motocicletas, automóviles, camiones pequeños y medianos.

2.8 Tiempo del Ciclo del Pedido

Es el tiempo transcurrido entre el momento en que se levanta un pedido de cliente, una orden de compra o una solicitud de servicio y el momento en que el producto o servicio es recibido por el cliente. Conocido también como *Order Lead Time*, “contiene los eventos relacionados con el tiempo que da forma al tiempo requerido para que un cliente reciba un pedido” (Ballou, 2004), es decir, se ve influenciado por cada proceso presente en la operación de la empresa, según Ballou está conformado por cuatro procesos que están compuestos por:

- Transmisión del pedido: Es la primera etapa del pedido e incluye la consolidación de este, es decir, la recepción de parte del cliente, pudiendo ser a través de TICs de manera presencial, además se transmite este al almacén, para continuar su procesamiento.
- Procesamiento y ensamblado del pedido: En esta etapa se prepara el conocimiento de embarque o el documento similar para su transporte, además se comprueba del método de pago, referido a la adquisición del bien y se comienza el ensamblado del pedido en el almacén.
- Tiempo de adquisición de inventario adicional: En ocasiones el tiempo e inventario se agotan, por lo tanto, surge un tiempo adicional para su reposición, el que retrasa los

demás procesos, debido a que es un paso crucial tener el producto en almacén, ósea tener una buena gestión de inventario.

- Tiempo de entrega: Consiste en el tiempo que tardan los procesos de entrega del pedido desde el almacén para ser enviado al cliente, hasta su entrega. Incluye las etapas de procesamiento de la información de estos, debido a que aquí se consolida el servicio de reparto en sí.

2.9 Flota de Transporte

Las empresas relacionadas al transporte y distribución requieren los servicios de vehículos para la consecución de las operaciones, los que pueden ser de los diferentes modos de transporte, conforme a los requerimientos de su uso.

2.9.1 Régimen de Flota

Las decisiones respecto a la propiedad de la flota es un factor importante que se debe considerar, debido a que su operación representa un costo, el que como en cualquier industria puede ser absorbido por la organización u otra (Islas et al, 2003).

Según la investigación de Islas et al (2003), bajo el amparo del Instituto Mexicano del Transporte las tendencias actuales de las compañías son concentrarse en sus competencias genéricas y disminuir los costos para ofrecer un mejor servicio, lográndose desde el punto de vista económico transformando sus costos fijos en variables, contratando los servicios de otras organizaciones, eso es tercerización u *outsourcing*, pero no garantiza el éxito en la meta impuesta, por lo tanto se considera también un factor estratégico que debe ser evaluado antes de implementarse.

Bajo el contexto de la cadena de suministro la tercerización se transforma en una “*integración planeada*” y “*funcional*” de las actividades que la integran, es decir, coordinar entre productores, fabricantes, intermediarios y en algunos casos con los consumidores finales, las actividades fabricación, ventas, marketing, transporte, almacenamiento, etc., entonces, es posible definir a

este método de operación como “la acción de delegar uno o más eslabones de esa cadena a uno o más agentes externos a la empresa” (Islas et al, 2003), cabe destacar que es posible el análisis de la decisión con el cálculo del punto de equilibrio.

El análisis y cálculo del punto de equilibrio puede ser realizado a través del método Costo-Volumen-Utilidad o CVU, el que consiste en la identificación de la intersección de las ecuaciones lineales que representan a los costos y los ingresos comparando, entendiéndose que el costo corresponde a la suma de los fijos y los variables (Horngren et al, 2007) y el volumen a la cantidad de unidades vendidas o producidas, dichas ecuaciones relacionan al volumen(eje x) con la unidad monetaria(eje y), según corresponda, estando el punto de equilibrio compuesto por las coordenadas de eje x e y. En la Figura 2.7 se aprecia la recta de ingreso, costos fijos y variables de forma genérica respectivamente.

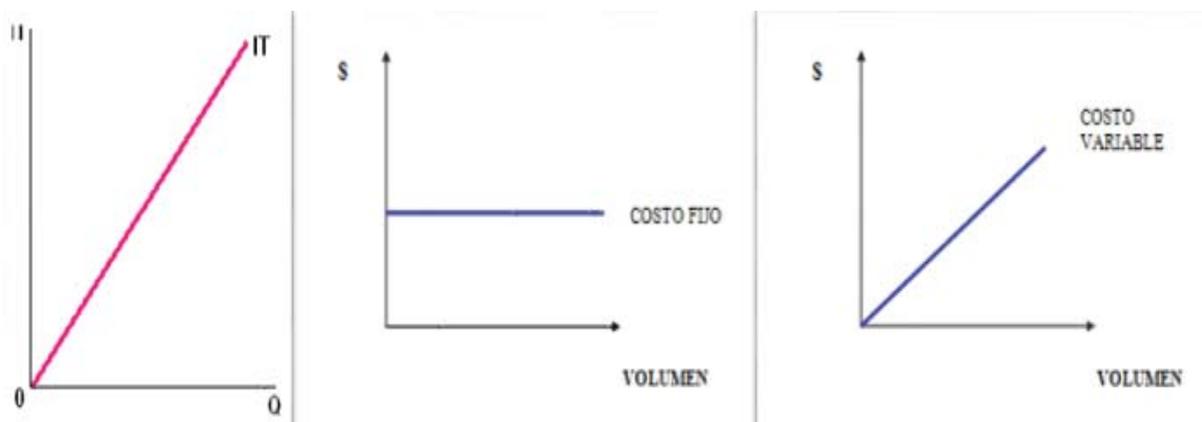


Figura 2.7: Gráficas de las funciones de ingresos, costos fijos y variables.

Fuente: Extraídas del libro contabilidad de costos, Un enfoque gerencial (Horngren et al, 2007).

Según Horngren et al (2007) el cálculo del punto de equilibrio se realiza mediante ecuaciones lineales, en base a la fórmula de la utilidad Operativa, la que se detalla en la Ecuación 2.8 y 2.9.

$$UO = IT - CF - CV \quad (2.8)$$

$$UO = IT - (CF + CV) \quad (2.9)$$

Donde:

UO = Utilidad de la operación.

IT = Ingresos totales de la operación.

CF = Costos Fijos de la operación.

CV = Costos Variables de la operación.

Dicho cálculo se materializa de tres maneras: a través del Método de la Ecuación, del de la Contribución Marginal y del Método Grafico, para esto debe definirse matemáticamente al IT y CV. En las Ecuaciones 2.10 y 2.11 se define a las variables de forma genérica.

$$IT = PV * V \quad (2.10)$$

$$CV = CVUP * V \quad (2.11)$$

Donde:

PV = Precio de Venta producto “a”.

CVUP = Costos variables unitarios producto “a”.

V = Cantidad de unidades de producción vendidas.

Debido a esto es posible reescribir la Ecuación 2.8 y queda como está estipulado en Ecuación 2.12. En el segundo método cálculo del punto de equilibrio se define la Contribución Marginal Unitaria en la Ecuación 2.13, quedando la fórmula para este método según la Ecuación 2.14.

$$UO = (PV * V) - CF - (CVUP * V) \quad (2.12)$$

$$CMU = PV - CVUP \quad (2.13)$$

$$UO = (CMU * V) - CF \quad (2.14)$$

Dónde:

CMU = Contribución marginal unitaria producto “a”.

El restante es el Método Gráfico que corresponde a la identificación visual del punto de equilibrio, lo que implica que el dibujo debe ser perfecto, por lo que para obviar esa restricción es posible usar algebra lineal para calcular algún componente del punto de equilibrio, este puede ser, la cantidad monetaria (eje y) o el volumen (eje x), igualando las ecuaciones de costo e ingreso en función del volumen, en la Figura 2.8 se aprecia un ejemplo del método gráfico con datos de un caso, que para efectos de entendimiento no es necesaria su descripción.

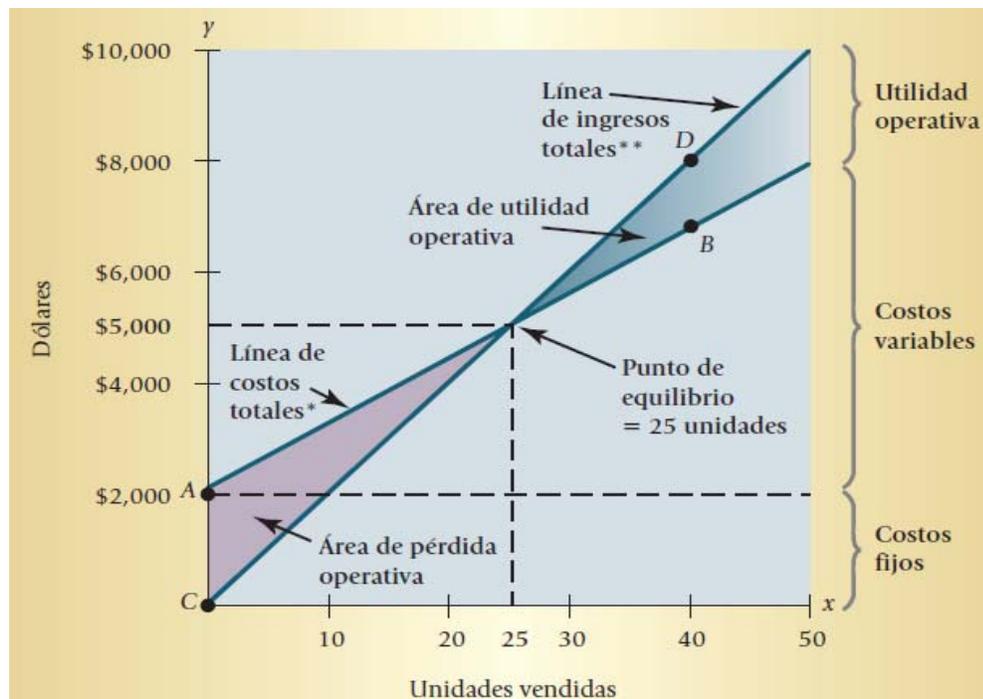


Figura 2.8: Método gráfico para el cálculo del punto de equilibrio en CVU.

Fuente: Extraído del libro contabilidad de costos, Un enfoque gerencial (Horngren et al, 2007).

Entonces, el punto de equilibrio para la situación basal del análisis de la tercerización consiste en establecer un análisis de los costos internos y externos comparados con una variación del volumen.

Por ejemplo, se pueden analizar las dos opciones de manera independiente, el caso de externalizar y mantener flota propia, determinando según el método CVU y basándose en la unidad de volumen adecuada, que para este caso serian toneladas por kilómetro transportadas. Donde, en el caso de la flota propia cabe dentro de los que el CVU define como la función costos, ya que posee una parte fija (sueldos del personal de transporte y administración, mantenimiento preventivo, etc.) y una variable (combustibles, mantenimiento correctivo, etc.) y para el caso de la externalización se asimila a la función de ingresos, que sin serlo son una recta lineal que pasa por el origen del gráfico. Lo descrito anteriormente se representa en la Figura 2.9, en donde la Recta A representa la flota propia y la B a la flota externalizada siendo la intersección de ambas el punto de equilibrio.

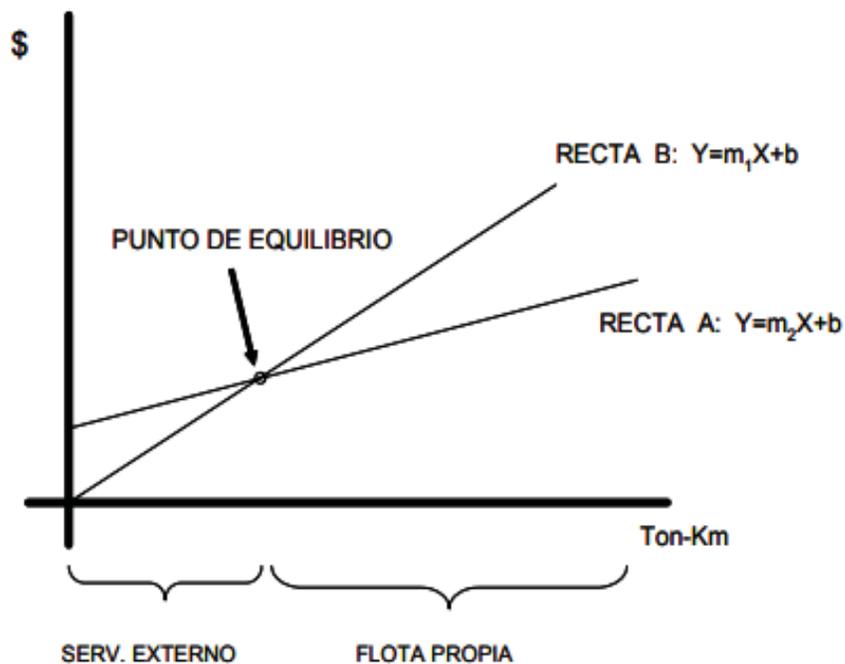


Figura 2.9: Punto de equilibrio en tercerización.

Fuente: Extraído del libro Tercerización del Transporte en el contexto de la Cadena de Suministros (Islas et al, 2003).

Es claro observar que para lo descrito anteriormente, conjuntamente con la Figura 2.9, que existe una cantidad toneladas por kilómetro transportadas que marca un punto en donde a operación del caso A es mejor que la del B, las decisiones por lo tanto pueden reducirse a esas dos opciones que son mutuamente excluyentes que son tener una flota propia o una flota externalizada, siendo esta última operada por una empresa de transporte como tal o un operador logístico de cualquier nivel, pero además y según el caso es posible posee una flota mixta (Baeza, 2017). En Chile el 51% de los contribuyentes (31.101) del área de transporte poseen flota propia (MTT, 2015).

2.9.2 Dimensionamiento de Flota

La determinación de flota en una empresa de logística de distribución es de gran importancia, debido a que puede ser incidente en la sumatoria total de los costos. Además, la presencia de recursos ociosos genera costos difíciles de asumir para toda empresa, ya que de esto dependen diversas variables. Este problema es posible abordarlo desde el punto de vista de los circuitos cíclicos (Segovia, 2015), en el que influyen variables como:

- Capacidad de un vehículo
- Carga transportada por vehículo
- Capacidad de carga en origen
- Tiempo de viaje O-D
- Distancia O-D
- Velocidad de operación
- Nivel de servicio
- Tiempo del ciclo completo

Segovia (2015), además señala que este problema debe ser abordado desde el punto de vista de la programación lineal, en el que la función objetivo “Z” refleja la problemática del dimensionamiento de flota y sus restricciones deben ir enfocadas a limitar las variables planteadas por el evaluador. Considerando variables generales que importan a la industria se

propone una forma sencilla de evaluar el dimensionamiento de flota, como se detalla a continuación:

$$\beta = \frac{\gamma * \tau}{\alpha} \quad (2.15)$$

Donde:

β = Flota óptima.

α = Capacidad vehículo (Unidad de peso).

τ = Tiempo de ciclo (Unidad de tiempo).

γ = Cantidad demandada O y D (Unidad de peso por unidad de tiempo).

Para la Ecuación 2.15 se considera tanto la cantidad de demanda entre origen y destino como la carga a transportar por un operador, la que está sujeta a la variable tiempo en el que debe ser transportado, esta es la que dominará el resultado de la ecuación.

A lo anterior es posible incluir el nivel de servicio el que se define como la sumatoria de los tiempos de las variables que influyen en el transporte, tales como: tiempos perdidos en semáforos, tiempos de carga y descarga en origen, tiempos de carga y descarga en destino, tiempos de circulación en ciudad, tiempos de descanso del conductor, entre otros. Lo que se representa en la Ecuación 2.16.

$$\eta = \sum_{i=1}^n \eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4 + \dots + \eta_n \quad (2.16)$$

Donde:

η = Nivel de Servicio

Las empresas deben definir sus niveles de servicio, conforme a sus prestaciones, debido al grupo de clientes que tienen o pretender poseer. Según Segovia (2015), a mayor nivel de servicio, mayores son los costos, aunque se perciben mayores ingresos, resultando los primeros, marginales a largo plazo, también ejemplifica los niveles de servicio y sus características, en la Tabla 2.1 se presentan los niveles de servicios definidos anteriormente.

Tabla 2.1: Diferenciación de niveles de servicios.

NIVEL DE SERVICIO	PRESTACIÓN A CLIENTE	TIPO DE CLIENTE
100%	Se emplearán todos los medios para satisfacer a los clientes.	Clientes prioritarios.
90%	Se emplearán los medios en forma eficiente, programando a estos clientes en forma prioritaria.	Clientes que mantienen contratos de prestación de servicios, o que declaran sus mercancías como urgentes.
70%	Prestaciones normales.	Clientes de la empresa.
50%	Prestaciones normales.	Clientes irregulares de la empresa.
30%	Prestaciones de muy baja prioridad.	Clientes esporádicos, no están pagando celeridad del transporte de la carga, más bien solo el transporte eficaz de estas.

Fuente: Extraído de Libro Estrategias para la Gestión Logística en una Empresa de Distribución (Segovia, 2015).

Por consiguiente, el tamaño de la flota considerando el nivel de servicio establecido por la administración de la empresa y lo postulado por Segovia (2015), se calcula según lo estipulado en la Ecuación 2.17.

$$\beta = \frac{\gamma^* \tau}{\alpha} * \eta \quad (2.17)$$

2.10 Tecnologías en la Operación

Según la RAE (2018), la tecnología es: “el conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”, por lo tanto, se hace necesario considerar un análisis de esta en relación con los temas que afectan el proyecto.

Las tecnologías relacionadas al proyecto corresponden a las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) y los nuevos desarrollos en el transporte. En las siguientes secciones de detallan estos dos tipos de tecnología.

2.10.1 Tecnologías de la Información y la Comunicación

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación, conocidas por sus siglas TICs, se desarrollan en base a los avances científicos producidos en informática y las telecomunicaciones. Corresponden al conjunto de tecnologías que permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación de información presentada en diferentes formatos, tales como: texto, imagen, sonido, etc. (Belloch, 2013).

Considerando que, “la incorporación de las TICs al ámbito de la empresa es un proceso complejo al involucrar una multiplicidad de dimensiones. La forma en que se combinan las actividades de la empresa con el uso de TICs lleva a que las trayectorias empresarias en este terreno presenten especificidades tales que las tornan distintas entre sí, incluso únicas. Cuando se intenta abrir la “caja negra” y observar qué sucede dentro de la empresa con la llegada de las TICs rápidamente se comienza a ver a la organización como una conjunción de procesos administrativos, productivos, comerciales, etc. La elección de este enfoque resulta muy funcional para detectar el tipo de contribución que harán las TICs, debido a que las mismas permitirán agilizar, abaratar o potenciar las actividades que lleva adelante la organización” (Peirano & Suárez, 2006).

2.10.2 Tecnologías de Transporte

La Cuarta Revolución Industrial que se encuentra presente en los tiempos actuales, “genera un mundo en el que sistemas de fabricación virtuales y físicos cooperan entre sí de una manera flexible en todo el planeta. Esto permite la absoluta personalización de los productos y la creación de nuevos modelos de operación. No solo consiste en máquinas y sistemas inteligentes y conectados, también produce oleadas de avances en ámbitos que van desde la secuenciación

genética hasta la nanotecnología, y de las energías renovables a la computación cuántica” (Schwab, 2016).

Según Schwab (2016), la 4IR se diferencia de las anteriores, ya que la primera, entre los años 1760 y 1840, se produjo por la construcción del ferrocarril y el uso de la máquina a vapor, la segunda entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, fue gracias al desarrollo de la producción en masa, gracias al desarrollo de los artículos eléctricos y la cadena de montaje, la tercera a contar de 1960 diferenciada de la anterior gracias al desarrollo de la computación, su personalización a facilidades de uso en la década de 1970 y el internet en 1990.

El desarrollo tecnológico que trae consigo la Cuarta Revolución Industrial implica que el transporte se beneficia de ella, debido a la importancia de este en la sociedad y al surgimiento de nuevos usos que se le dan los inventos y la búsqueda por mejoras en la seguridad y eficiencia en el traslado de bienes y servicios (ITS America, 2019).

Según la asociación *ITS America* dentro de las nuevas tecnologías de transporte que trae implica el desarrollo de la 4IR, se consideran como las más importante a las que se describen a continuación:

- **Visión por Computadora:** Se basa en el uso de cámaras para respaldar a las acciones de control y monitoreo de las operaciones, dentro de estos es posible considerar los sistemas de asistencia al conductor, por ejemplo, las cámaras y sensores de retroceso, los sistemas de administración de flujos en autopistas y calles urbanas, además de su uso como ayuda en los sistemas de conducción automáticas.
- **Tecnología de detección activa:** Corresponde a sistemas que permiten la detección de objetos, son usados para identificar algunas características de las vías o la proximidad a elementos, los ejemplos más comunes son los sensores de proximidad en vehículos, algunos sistemas que asisten a la conducción, como los que detectan la desviación en la dirección de los automóviles en carreteras, dentro estas se incluyen, radares, sonares, entre otros, su uso evita la ocurrencia de accidentes, debido a que advierten a los

operadores de peligros, siendo evitados de forma manual, o utilizando sistemas de evasión automáticos.

- Cuarta Generación Inalámbrica: Trata sobre el uso de recursos inalámbricos en favor de la operación transmitiendo datos de forma remota. Se consideran dentro de estas tecnologías a la que usan la señales 4G, con el objetivo de crear redes digitales de transporte y comunicación inteligente entre vehículos y centros de control, el ejemplo más claro de esto es el uso de recursos de almacenamiento en plataformas digitales de internet, lo que permite el desarrollo y funcionamiento de lo que se conoce como los “servicios maquina a máquina”, los que no requieren intervención humana reduciendo errores y demoras.
- Electrificación de Vehículos, Transporte Sostenible y Energía: El uso de los nuevos desarrollos en torno a la energía eléctrica y su uso en transporte, tales como vehículos y equipos de manipulación de carga se relaciona directamente con las tendencias en favor de uso de energías renovables y limpias, lo que permite la denominación de “red inteligente” a la que use vehículos y equipos que funcionen con electricidad, todo gracias a los avances en el desarrollo de baterías de gran capacidad y motores.
- Ciberseguridad: El desarrollo tecnológico y su inclusión en las operaciones aporta al fortalecimiento de la seguridad, basados en la preservación de la vida humana, el medio ambiente, viabilidad del comercio, infraestructura económica y la privacidad personal, lo anterior implica que los nuevos sistemas deben proveer de confianza a los usuarios, es decir, ser útiles más que una moda.

Además, debido al constante desarrollo de la tecnología creada, se hace necesaria su inclusión en todas las actividades humanas, gracias a que como se expuso anteriormente, permite mejorar una variedad de parámetros que se escapan del control humano o manual, aportando herramientas útiles y aplicando el conocimiento alcanzado por la ciencia en mejoras en la eficiencia de las operaciones.

2.11 Análisis FODA

El análisis FODA es uno de los aspectos fundamentales en la planificación estratégica perteneciente a la planeación formal, siendo esta última un esfuerzo para enfrentar las condiciones futuras del ambiente y de la empresa. Planificar estratégicamente significa “aproximarse a la visualización y construcción de su futuro, y se puede conceptualizar como un proceso para determinar los mayores propósitos de una organización y las estrategias que orientarán la adquisición, uso y control de los recursos, para realizar esos objetivos” (Ramírez, 2009).

El análisis FODA permite identificar “el perfil de operación de una empresa en un momento dado, y a partir de ello establecer un diagnóstico objetivo para el diseño e implantación de estrategias tendientes a mejorar la competitividad de una organización, de cualquier tamaño y tipo” (Ramírez, 2009), a través de un análisis interno, identificando las fortalezas y debilidades, además de un análisis externo obteniendo las oportunidades y amenazas, las que se detallan a continuación:

- Fortalezas: corresponden a cualidades exclusivas de la empresa y de relevancia para los clientes y sirven para generar estrategias de comunicación y posicionamiento. Permiten generar una diferenciación y ventajas de los competidores.
- Oportunidades: representan el potencial de generar una ventaja competitiva de la empresa, generada por condiciones ambientales.
- Debilidades: son elementos vulnerables de la empresa, generalmente por falta de control de la administración.
- Amenazas: nacen cuando las condiciones ambientales generan condiciones peligrosas para la empresa.

Para el desarrollo de este proyecto, el análisis FODA permite la realización de una síntesis del diagnóstico de los problemas de la situación de distribución actual de la empresa del caso de estudio.

2.12 Método de decisión AHP

El método AHP (*Analytical Hierarchical Process*) consiste en un proceso para la toma de decisiones basado en la jerarquización de criterios de decisión, con el propósito de ajustarse de mejor forma a los objetivos que se persiguen (Saaty, 2008).

El AHP toma una serie de criterios relacionados a las alternativas de decisión, para el problema en cuestión. Entonces se deben estructurar los elementos identificados en el proceso en diferentes categorías, teniendo: el objetivo, criterios, subcriterios y las alternativas (Berumen et al., 2007), en la Figura 2.10 se presenta de manera gráfica, genéricamente el orden de precedencia de los elementos anteriormente descritos.

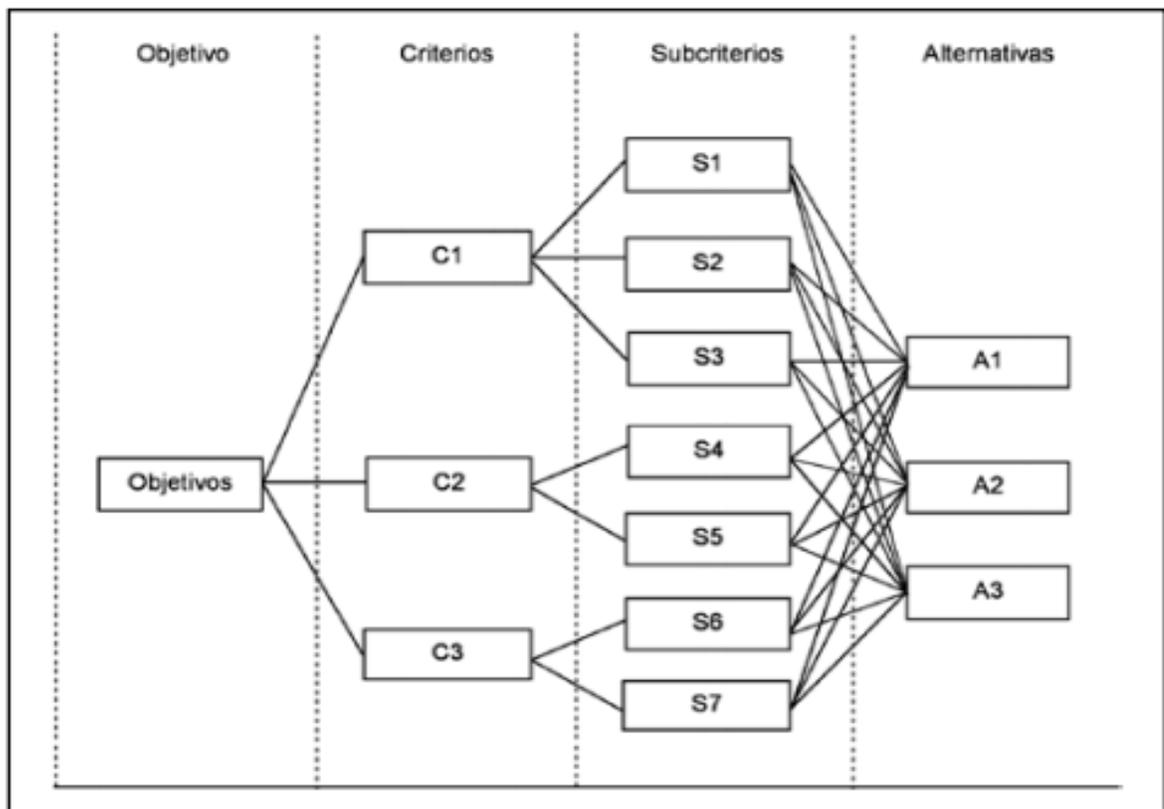


Figura 2.10: Modelo jerárquico para la toma de decisiones con el AHP.

Fuente: Extraído del artículo “La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el ahp) en un entorno de competitividad creciente” (Berumen et al., 2007).

En la figura anterior es posible dilucidar nomenclatura en cada elemento, la que representa la jerarquización de cada uno, lo que se hace en base a los criterios de la persona que realiza la elección, con esto es posible crear una matriz con valores que reflejen las estas preferencias de criterios, asociadas a cada alternativa de decisión (Saaty, 2008), las que se pueden traducir desde testimonio del encargado de decidir a valores numéricos conforme a lo establecido en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Escala Saaty.

Escala Numérica	Escala Verbal
1	Ambos criterios o elemento son de igual importancia.
3	Débil o moderada importancia de uno sobre el otro.
5	Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre el otro.
7	Importancia demostrada de un criterio sobre otro.
9	Importancia absoluta de un criterio sobre otro.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.
2	Entre igualmente y moderadamente preferible.
4	Entre moderadamente y fuertemente preferible.
6	Entre fuertemente y extremadamente preferible.
8	Entre muy fuertemente y extremadamente preferible.

Fuente: Extraído del artículo “La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente” (Berumen et al., 2007).

En definitiva, para construir la matriz de decisión debe primeramente realizarse la jerarquización de cada elemento por sobre otros, usando la escala de la tabla anterior, luego se calcula el factor de incidencia o ponderación de cada criterio sobre las alternativas, multiplicando a cada factor relacionado a los criterios, con los que dependen de las alternativas de decisión.

Una vez realizado lo descrito anteriormente es posible obtener una decisión basada en la prioridad de los criterios que afectan a las alternativas, la que corresponde a la de más alta puntuación, teniendo así un respaldo basado en varios elementos que permiten el alcance de los objetivos, esto también permite el cálculo de la sensibilidad al perturbar los prioridades en los criterios usados, para saber qué tan estable es la decisión respecto .

3 Estado del Arte

El problema de la última milla ha aumentado su visualización en los últimos años debido al aumento en el uso de las TICs y al contexto de la 4IR en donde variados análisis se han hecho, también en el ámbito de las estrategias de administración de empresas en la industria de la distribución.

Las tecnologías han permitido que la gran mayoría de las personas tenga acceso a la información, convirtiéndose en clientes exigentes y buscadores de mejores servicios, es así como surge la necesidad de las empresas de profesionalizarse, es decir, incluir dentro de sus políticas operativas y procedimientos herramientas probadas en la industria de manera de asegurar la calidad de los servicios, permitiendo además ser eficientes.

3.1 Sistemas de distribución

Ramos (2013) propuso el diseño de una red de centros de distribución para la cadena de supermercados de Walmart Chile, debido a que previo a la ejecución de ese proyecto se contaba con una proyección de crecimiento del 115% en los años posteriores al estudio. El diseño de la red se hizo con la ayuda de programación lineal, considerando las características de la empresa y del mercado.

Mediante la solución propuesta por Ramos (2013), se sostiene que la empresa puede ahorrar un 6,9% en costos logísticos, mediante el diseño de redes, basado en estrategias de ubicación de instalaciones, horarios de atención y capacidad de centros de distribución. Este, permite crear algunos lineamientos para el desarrollo de las propuestas de solución, con el uso de algunas herramientas del diseño de redes y estrategias de gestión, tal como las decisiones de la ubicación de instalaciones, ya que posee relaciones basales al presente proyecto.

Segovia (2015), propone “una metodología sencilla que permita a una PYME del área de la logística de distribución, analizar y gestionar su cadena logística, así como sus costos logísticos asociados a sus procesos, con la finalidad de crear estrategias para la disminución de estos”,

aplicado al caso de estudio de la empresa de transportes TRANSETT, la que es una empresa familiar, que a criterios del autor “posee una administración deficiente de sus recursos”. Este trabajo propuso la implementación de una serie de estrategias que generan una rentabilidad futura del 10,13% sobre la que existía al inicio.

Segovia (2015) propone el cálculo de la proyección de la demanda y la determinación de la flota con el propósito del uso de los equipos ociosos y el cambio de los regímenes de flota para reducir los costos logísticos, eliminando los costos de funcionamiento y mantenimientos de estos. Lo anterior es realizado en base a datos difíciles de obtener debido a las características de la empresa, ya que muchos siquiera se miden previo al proyecto del autor.

El trabajo de Segovia tiene una similitud sustancial con el presente proyecto, tal como las características de la empresa del caso de estudio y el contexto de la industria de la distribución en la que están inmersas, lo que permite determinar algunos lineamientos a partir de este para el desarrollo de soluciones para el caso de estudio de la empresa Fullerton, tal es el caso del análisis de este tipo de empresas, en donde existe “una administración deficiente de sus recursos” (Segovia, 2015) y comprobar si tal afirmación es efectiva. Además de cómo es posible la obtención de datos no medidos previamente.

3.2 Transporte de distribución

López et al. (2008) propone un modelo de transporte para una empresa fabricante de juguetes usando programación lineal. La distribución entre la empresa y sus clientes se organiza en niveles sucesivos, en cada uno existe: un par origen-destino, un origen con varios destinos, un transporte inmediato o con holgura de tiempo en la entrega de pedidos. En el uso de la programación lineal se usa una flota limitada, además se superponen todos los datos para representar el modelo de transporte, el que se valida a través del uso de datos de la empresa. El proyecto de López et al. analiza la distribución de varias formas y da una solución a un problema similar al caso de estudio de la empresa Fullerton, lo que ayuda al diseño de posibles soluciones.

Song et al. (2009), abordan temas sobre los puntos de reparto y sus alternativas en cuanto a la disponibilidad de recibir los pedidos en las direcciones señaladas, debido a las fallas de la operación y la conveniencia de los sistemas de distribución, comparado datos sobre la decisión de los clientes de presentarse a retirar sus productos, versus la utilización de estos servicios.

Además, Song et al. (2009), postulan que la creación de centros de entrega y recogida, en el caso de las entregas fallidas, permiten la reducción de los costos de viaje para los clientes de alrededor de un 90%, ya que estiman según modelación con datos de la ciudad de Sussex en el Reino Unido que, en la primera entrega fallida, aproximadamente el 20% de los clientes viajan al depósito o centro de distribución a recoger sus productos y para la segunda falla esto asciende al 30%. Ese trabajo establece parámetros básicos para la decisión de ubicación de instalaciones y sus funciones propias dentro del sistema, como también para el diseño de redes logísticas, a usados en las posibles soluciones a los problemas del caso de estudio del presente proyecto.

Gómez et al. (2011) utiliza la simulación discreta para representar y analizar el desempeño de los procesos de transporte y distribución de materiales de construcción, además del uso de los recursos en algunas empresas de Colombia. De la simulación discreta se obtiene que esta permite analizar el desempeño de las operaciones, permitiendo medir cantidades movilizadas, eficacia de los procesos y utilización de recursos, debido a que es aplicado en un caso de estudio, es decir, en una empresa en particular. Para lo anterior se usan los tiempos de viaje promedio en las dos rutas que operan, siendo estos de 163 y 347 minutos, en donde el 60% de los pedidos se entrega a tiempo y que usando el 30% de los recursos.

Además, cabe destacar que Gómez et al. (2011) utiliza la medición cuantitativa a través de la plataforma de *Google Earth* para recopilar las distancias de cada ruta y la ubicación geográfica de las instalaciones. Este trabajo da una pauta sobre la realización de la medición de desempeño de la distribución y el uso de los recursos en el caso de estudio, al igual que el presente proyecto, en donde se utilizan las mismas herramientas para obtención de datos para ser usados en un modelo de optimización.

3.3 Problema de la última milla

Barcos et al. (2002) tratan el problema de transporte desde muchos orígenes a varios destinos con puntos de concentración (*hub*) de productos, asociado a las empresas de paquetería y el transporte entre sus dependencias. Las soluciones que proponen consisten en la reducción de los costos económicos totales y cumpliendo un determinado nivel de servicio, a través del análisis de diferentes tipos de rutas, como: transporte directo, a través de uno o dos *hub*, con paradas múltiples, entre otras.

Las propuestas de Barcos et al. (2002) se desarrollan a través de programación entera, pero debido al tamaño del problema se desarrolla un algoritmo metaheurístico, basado en la optimización mediante colonias de hormigas, usando dos fases. La primera consiste en la creación de una ruta directa a través de uno o dos *hubs*, la segunda fase se integran rutas con múltiples paradas, para mejorar la primera fase. El análisis de los resultados de este trabajo se realizan a través de un contraste con ejemplos pequeños, utilizando los datos exactos obtenidos desde la programación entera y aplicando el algoritmo a un problema real. Ese trabajo plantea posibles soluciones a las cuestiones del caso de estudio del presente proyecto, al igual que la búsqueda de soluciones cumpliendo un determinado nivel de servicio.

Bent et al. (2011) plantean un enfoque de cuatro etapas para las operaciones de los vehículos de reparación del sistema de energía en Estados Unidos, basándose en una red distribución de última milla, con el propósito de recuperar la funcionalidad después de fallas de manera rápida, a través del ruteo de vehículos, lo que se traduce en soluciones a gran escala, todo basado en el contexto de infraestructura del país norteamericano. Este trabajo aporta métodos de aplicación del ruteo en situaciones de contingencia usando métodos de solución en el contexto de última milla, lo que da las bases para el diseño de políticas de la empresa del caso de estudio tendientes a diseñar planes de contingencia para afrontar problemas surgidos en la operación, dando pie a parámetros, lineamientos o “reglas básicas” en el diseño de soluciones del presente proyecto.

Adarme et al. (2014), ofrece “un análisis sobre el comportamiento individual de los consumidores, que ha sido ampliamente desatendido por estudios previos” y de las tendencias de las compras de alimentos en el hogar, basados en el uso de fuentes primarias de información y herramientas estadísticas. Además, postulan que las políticas públicas respecto a la logística urbana deben enfocarse a nivel estratégico para proyectar plataformas logísticas que colaboran en la distribución de última milla, en el contexto de la ciudad de Villavicencio en Colombia.

El trabajo de Adarme et al. (2014) realiza un análisis de las zonas en las que está inmersa la empresa de distribución, la que corresponde a un área urbanizada, con las implicancias que esto tiene sobre las operaciones logísticas de dicha organización. Lo anterior es importante tenerlo presente en el momento de realizar cualquier análisis de las demoras en las entregas de caso de estudio del presente proyecto, en donde el tránsito de los vehículos se ve afectado directamente por la urbanización, debido a la congestión en estas áreas, además de la densidad de las actividades dentro de la ciudad durante ciertos periodos de tiempo, lo que constituye uno de los principales factores del problema de distribución de última milla con sus efectos sobre la cadena de suministros, lo que da algunos lineamientos para un análisis completo de esta problema.

Wang et al. (2014) comparan la competitividad de los modos de entrega a domicilio en el comercio electrónico, es decir: atención a domicilio, caja de recepción y centros de entrega y recogida en casos de “alta densidad de población”, también, su eficiencia, ventajas y desventajas de la elección, relacionándolos a modelos de problemas de enrutamiento de vehículos en las situaciones de diversidad en la cantidad de pedidos y clientes, en diferentes composiciones geográficas y trasladando diferentes tipos de mercancías. Debido a lo anterior, postulan al problema de la última milla como “el cuello de botella del comercio electrónico”, lo que comprende una de las bases que se consideran para la detección de problemas del caso de estudio de la empresa Fullerton.

Anino (2017) señala la “necesidad de optimizar el ciclo de la experiencia de compra, especialmente en un contexto en el que el comercio electrónico va ganando terreno”, debido a que más del 70% de los clientes del *retail* en todos sus niveles “adoptan la decisión del consumo

en internet” (Centro de estudios de la economía digital CCS, 2016), es decir las compras a través de este medio, en donde además los clientes presentan mayores exigencias, pero con un menor costo, sin embargo, esto se ve afectado por el lento desarrollo de la industria según las expectativas generales de los consumidores, en donde el proceso de última milla es fundamental para la fidelización con la empresa. Esta temática fue abordada a partir del anuncio de la empresa estadounidense Amazon de acortar el tiempo de traslado de los productos a dos días, pero se afirma que la infraestructura e industria nacional no está preparada para ello.

Las afirmaciones de Anino respaldan algunas bases de lo planteado en el presente proyecto, debido a la precarización de la industria de distribución en Chile, gracias a las empresas que la conforman en cuestión a sus procesos en general, en donde es posible encasillar al caso de estudio de la empresa Fullerton.

Zhou et al. (2018) proponen soluciones a un problema de distribución de última milla en un área urbana, asociada al comercio electrónico, en dos niveles de ruteo, el primero para abastecer a depósitos satélites desde un centro de distribución, el segundo corresponde a la distribución para que atiende a todos los clientes desde los satélites, además, considera la opción de los clientes de retirar los productos en los depósitos intermedios. El objetivo de este trabajo consiste en la reducción de los costos totales de la distribución.

Las soluciones que proponen Zhou et al. se basan en un algoritmo híbrido, usando heurística para diseñar las soluciones iniciales y algunos procedimientos para la gestión de los clientes, que siendo simulados se demuestran una gran variedad de componentes del algoritmo. Este trabajo se relaciona con el caso de estudio de Fullerton, debido a la dualidad de distribución que existe, en donde además es posible extraer alternativas de solución, relacionadas al uso de las instalaciones, su ubicación, entre otros.

Los trabajos presentados anteriormente permiten vislumbrar la inclusión de los problemas relacionados a la última milla en situaciones diversas, además, a partir de ellos es posible establecer las bases para el diseño de soluciones.

4 Situación de distribución actual del Caso de Estudio

Para ejemplificar el problema de distribución de última milla dentro de una situación real, se usa el caso de una empresa de distribución de la Región de Valparaíso, Chile. En las siguientes secciones se detalla una serie de características que son relevantes para la comprensión del caso las que fueron levantados en terreno.

4.1 Empresa Provedora de Alimentos

La empresa del caso de estudio Fullerton se dedica a la comercialización de productos alimenticios para mascotas y repostería, en forma mayorista y minorista, esta tiene sus orígenes en la comuna chilena de Villa Alemana, en donde posee su casa matriz y principales instalaciones. La empresa se diferencia de otras distribuidoras debido a su principal servicio, el de distribución, es decir, el reparto a domicilio de sus productos, pero con dos condiciones: compras superiores a 10.000 CLP o mayores a 25 kilogramos.

Fullerton, es una empresa de origen familiar, su nombre corresponde al apellido de los propietarios y sus operaciones están dirigidas directamente por ellos. Legalmente la empresa solo es una marca, debido a que está compuesta por varias EIRL al nombre de algunos integrantes de la familia. De la distribución de Fullerton se encarga la empresa perteneciente al padre de familia y fundador, esta es administrada por uno de sus hijos.

La gestión de la empresa se realiza en base a la experiencia y el criterio de los dueños y algunos trabajadores, para estos últimos no se requieren conocimientos previos. No se usan datos reales para guiarse en la administración, lo que provoca el descontrol de algunas variables, como lo es: el ruteo, el combustible y la mantención de los vehículos, solo se controlan las que afectan directamente a sus procesos, es decir, cantidad de productos en inventario, cantidad de ventas y disponibilidad de vehículos para el reparto.

La empresa posee un sistema informático el cual le permite registrar las ventas y procesarlas para el posterior envío, además de la gestión de inventario y el registro de clientes. A este sistema

tienen acceso todos los entes que participen en los procesos. Pero no todas las operaciones de la empresa tienen cabida dentro de este sistema, ya que no le permite realizar por ejemplo una gestión de flota, ruteo, entre otros, siendo estas actividades realizadas de forma manual y muchas veces de manera correctiva.

En este caso de estudio, la empresa al comercializar y distribuir los productos actúa de intermediario entre fabricantes y consumidores. En cuanto a la relación con los proveedores, se realiza de forma directa por el administrador, impidiendo así que los empleados enfoquen sus funciones en esto.

Fullerton posee una serie de establecimientos, del tipo Local de Venta, en comunas donde realiza repartos, estos tienen el propósito de vender sus productos de manera presencial a los clientes, siendo muchos de ellos de propiedad de los hijos, que para el caso de la distribución actúan como un solo organismo, cada uno tiene un “Jefe de local” y algunos empleados dedicados a la atención del público y movimiento de los productos. La empresa posee dos de estos establecimientos en Villa Alemana y en Viña del Mar, uno en Quilpué, Concón, Valparaíso, Reñaca, Placilla y Quillota.

La empresa posee un Centro de Distribución en la localidad de Peñablanca en la comuna de Villa Alemana, el que se encarga de la recepción de los productos desde los proveedores y su distribución tanto a los locales de venta como a la bodega de distribución a clientes. Comparte ubicación en el mismo recinto con las oficinas de administración, centro de atención telefónica o *call center* y con la propia bodega de distribución o “repartos”.

En la Figura 4.1 se puede apreciar la ubicación de las instalaciones, en la que se identifican dentro de una imagen satelital del área de influencia de la empresa marcadores para localizar a cada una, siendo:

- A: Centro de distribución, ubicado en: Calle Los Aromos #97- C Peñablanca, Villa Alemana.

- B: Local de venta Villa Alemana 1 “Casa Matriz”, ubicado en: Avenida Valparaíso #436, Villa Alemana.
- C: Local de venta Villa Alemana 2 “Centro VA”, ubicado en Avenida Valparaíso #799, Villa Alemana.
- D: Local de venta Valparaíso, ubicado en Avenida Uruguay #136, Valparaíso.
- E: Local de venta Viña del Mar 1, ubicado en Calle Arlegui #1090, Viña del Mar.
- F: Local de venta Viña del Mar 2, ubicado en Calle 15 Norte #1098, Viña del Mar.
- G: Local de venta Concón, ubicado en Avenida Concón Reñaca #275, Concón.
- H: Local de venta Quilpué, ubicado en Calle Cumming #916, Quilpué.
- I: Local de venta Placilla, ubicado en Tercera del Sur #680, Local 8, Placilla, Valparaíso.
- J: Local de venta Reñaca, ubicado en Calle Angamos #242, Reñaca, Viña del Mar.
- K: Local de venta Quillota, ubicado en Calle Condell, esquina Chacabuco.

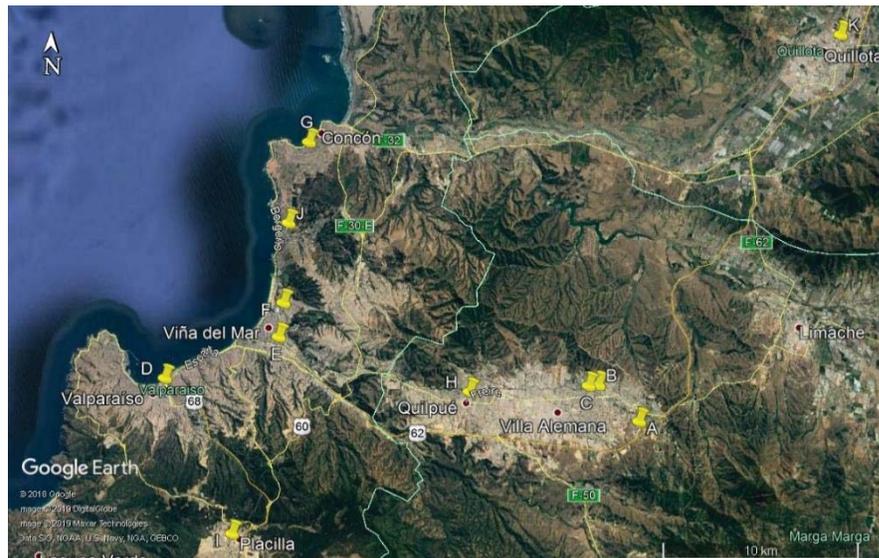


Figura 4.1: Ubicación de instalaciones de la empresa Distribuidora Fullerton.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en 2019, a partir de *Google Earth* (Google Inc., 2018).

Lo anterior representa una red, ya que la empresa recibe sus productos desde sus proveedores en su centro de distribución (A) y desde este abastece a sus locales de venta (B,C, D, E, F, G, H, I, J y K) para la venta presencial. Debido a que la bodega de distribución a clientes se encuentra en el recinto A, para efectos de la red también desde aquí se reparte a los clientes, que puede ser

cualquier lugar dentro del área de influencia de la empresa. En la Figura 4.2 se presenta la red de distribución interna de la empresa, siendo cada arco los posibles recorridos de los vehículos descritos en la sección 4.2.1 “Vehículos de Distribución Interna”, estando la capacidad de cada arco definida por estos.

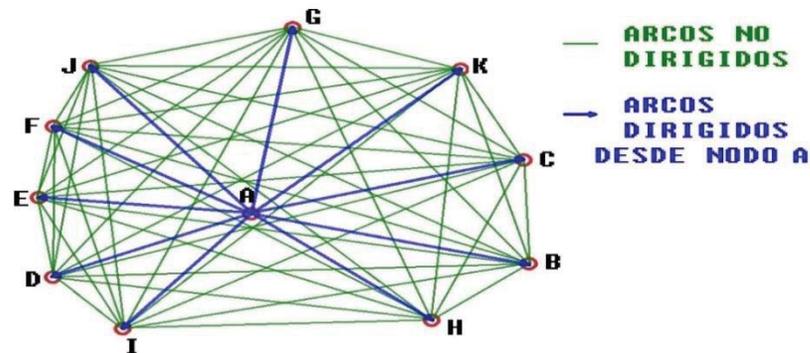


Figura 4.2: Red de distribución interna de Fullerton.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

Debido a que no existe una ruta fija de los vehículos en esta distribución, es posible unir mediante arcos no dirigidos a los locales de venta, en cambio el centro de distribución (A) conectarlo a las demás instalaciones por arcos dirigidos, ya que los vehículos cargados solo salen de ahí. En la Tabla 4.1 se reúnen las distancias en kilómetros entre las instalaciones de la empresa, calculadas en base al camino más rápido en todo horario según *Google Maps*.

Tabla 4.1: Distancias por caminos entre instalaciones de Fullerton.

KM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0,0	3,8	4,3	29,9	22,7	24,8	39,1	14,7	32,6	29,3	28,8
B	3,8	0,0	0,5	28,6	21,5	23,5	30,8	7,4	31,4	28,1	30,3
C	4,3	0,5	0,0	28,4	21,0	23,3	30,3	6,9	31,1	27,7	30,8
D	29,4	37,8	28,7	0,0	7,4	8,9	18,4	20,4	13,1	12,6	55,8
E	22,7	19,0	21,4	7,7	0,0	2,8	12,7	14,2	18,8	7,2	43,7
F	24,5	23,2	23,7	9,1	2,4	0,0	11,0	15,5	20,2	5,1	42,6
G	37,3	29,8	29,3	18,4	13,4	10,8	0,0	23,5	32,2	6,5	34,5
H	12,1	7,1	6,6	20,9	13,7	15,8	23,8	0,0	23,7	17,5	38,5
I	32,4	29,6	31,6	13,6	18,9	17,8	33,8	23,4	0,0	21,5	58,8
J	30,2	27,8	27,3	14,0	8,3	5,5	5,9	21,4	25,2	0,0	39,3
K	26,8	28,3	28,8	54,3	45,8	40,7	32,6	39,1	57,0	38,9	0,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en *Google Maps* (Google Inc., 2019).

La distribución a clientes se realiza desde la “bodega de repartos” ubicada en el centro de distribución (A), donde se encuentra el centro de llamados y los coordinadores de despacho. Esta distribución responde a las compras hechas por los clientes, a través de los medios que la empresa dispone y corresponden a teléfono, sitio *web* y presencial en los locales, que se detallan en la sección 4.3 “Canales de Comercialización”. Las compras o “pedidos” realizados se procesan como se ilustra en el esquema de *Bizagi Modeler* de la Figura 4.3, lo que se revisa en detalle en la sección 4.4 “Procesamiento de Pedidos”, sin embargo, es importante destacar que se diferencian las actividades realizadas por los clientes y la empresa, dentro de esta última por sus unidades de comercialización y distribución.

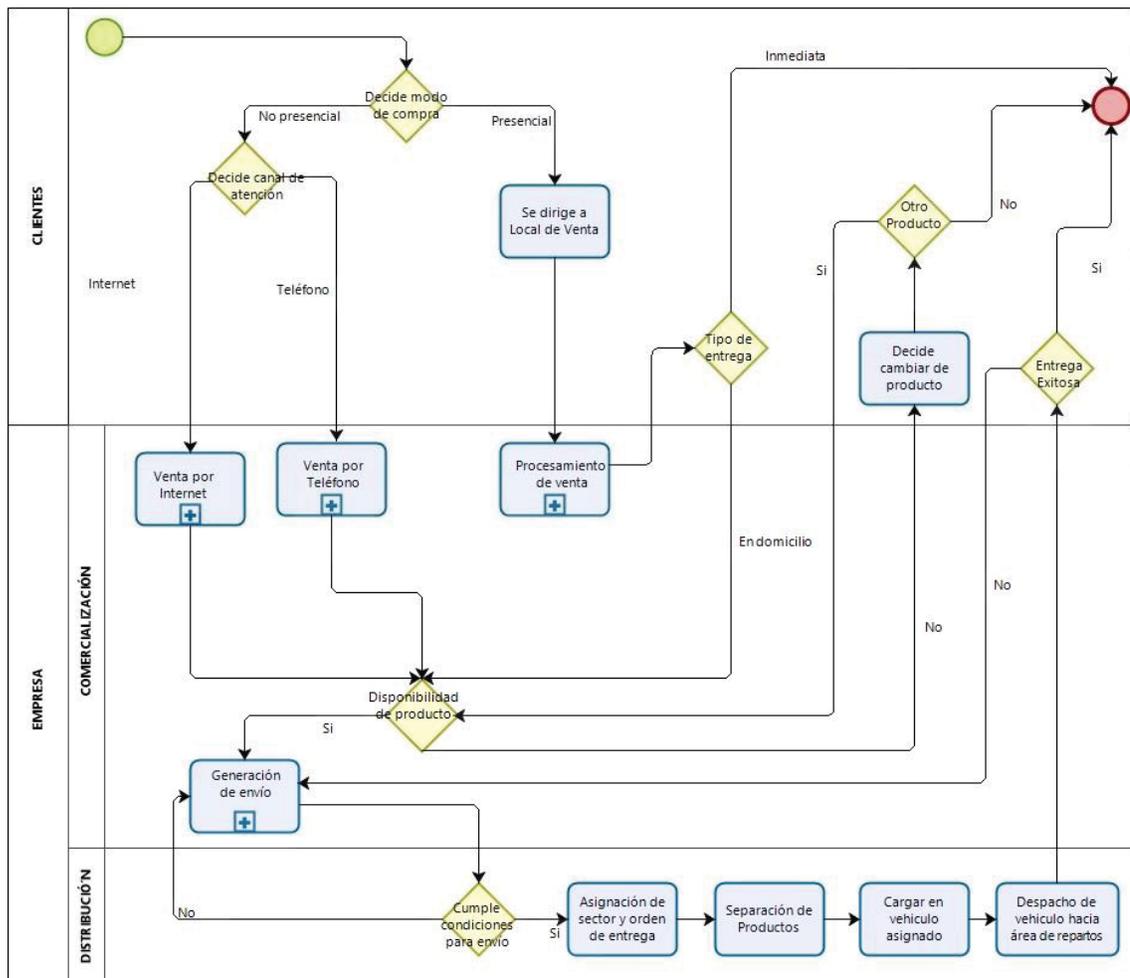


Figura 4.3: Procesos de Distribuidora Fullerton.

Fuente: Elaboración propia, levantado a partir de práctica profesional del año 2019.

Dentro de lo anterior es posible notar que el subproceso “Generación de envío” es clave para la realización de la distribución, ya que es en este dónde se materializa el registro de un envío, concretamente con la compilación de los datos necesarios para poder llenar un comprobante, que es la prueba de que debe entregarse algún producto en un lugar dado a un cliente. En la Figura 4.4 se detalla la serie de actividades que permiten la generación de envíos, que se componen de la impresión del comprobante, para luego archivarlos para su clasificación que permite preparar pedidos especiales que requieren empaquetado u otro para su venta, hasta que son archivados, para su posterior procesamiento en distribución. Cabe destacar que la empresa archiva sus envíos durante un día de trabajo, esto quiere decir que, una vez despachados los vehículos de distribución a clientes, las compras realizadas deben esperar hasta la siguiente ocasión en que se realizará la actividad de “reparto a domicilio” a la ubicación solicitada (ver Anexo N°1), en la sección 4.5 “Jornadas de Trabajo” se detallan los horarios de funcionamiento semanal de cada instalación o unidad de trabajo de la empresa.

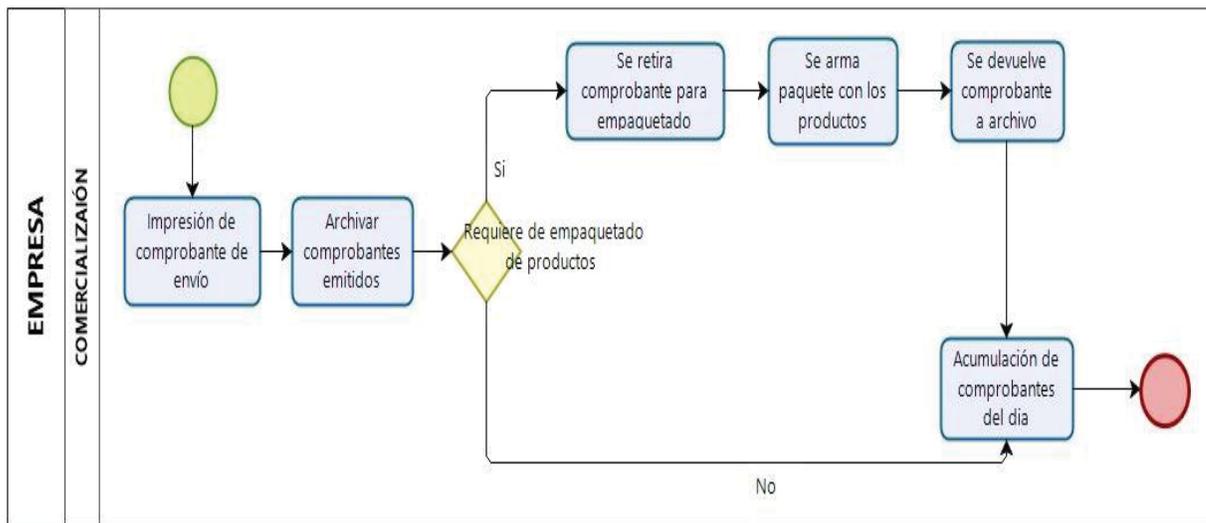


Figura 4.4: Proceso de generación de envíos de la Distribuidora Fullerton.
Fuente: Elaboración propia, levantado a partir de práctica profesional del año 2019.

Además, es importante destacar que una vez iniciadas las actividades de distribución, se debe verificar la veracidad de los datos contenidos en los comprobantes de envío, lo que se realiza basándose en la experiencia de los conductores, los que además ordenan los comprobantes en base al orden en que entregarán los productos, debido a la ruta que ellos se propusieron para

cumplir las exigencias, muchas veces usando su criterio para realizarla en el menor tiempo posible, lo que no es informado a algún empleado encargado, para su registro y eventual cálculo de horas de entrega con el propósito de notificar a los clientes, a los que se les da un periodo de varias horas para esperar en la ubicación indicada cuando compraron.

Una vez despachados los camiones, se debe verificar visualmente que vehículo cubre cada ruta o sector, según lo estipulado en la sección 4.6 “Áreas de Reparto”, para su posterior monitoreo a través de GPS, lo que es útil a la hora de imprevistos en la ruta o solicitudes de clientes tales como: cancelación de compra, modificación de la dirección por alguna emergencia, solicitud de tiempo estimado de llegada de los productos, realizándose estas actividades a través de teléfono. El uso del GPS exclusivamente en esto trae consigo que no existe información que pueda ser usada con propósitos de mantención de los vehículos o la prevención de ciertos fallos.

4.2 Flota de Vehículos

La empresa posee una serie de vehículos de carga, todos en régimen de propiedad propia, los que son operados por conductores contratados y ayudantes en los casos que el servicio lo requiera. Al ser de propiedad de la empresa, esta debe destinar infraestructura para su estacionamiento y los servicios de los tripulantes, además es responsable por la mantención, la que se hace de manera preventiva en cuanto al recambio de lubricantes y líquidos de los vehículos, neumáticos, entre otros y de forma correctiva en el reemplazo de piezas y similares, con todo lo que ello implica, vale decir, fallas en momentos inesperados y altos costos de reparación.

Es importante destacar que todos los vehículos de la empresa son monitoreados a través de GPS y son identificados por su Placa Patente Única (PPU), ya que no poseen números de orden designados por la empresa.

Los vehículos se categorizan según la función que se les asigne, es decir, de distribución interna y a clientes, debido a que estas necesidades se diferencian en la modalidad de los productos, la cantidad y los destinos de la carga, a continuación, se describe cada tipo de vehículo.

4.2.1 Vehículos de Distribución Interna

La empresa destina una flota de cinco camiones para realizar el transporte de productos entre sus recintos. El uso de estos camiones es de menor frecuencia, debido al servicio que prestan. Son tripulados por un conductor profesional y uno o más ayudantes. Estos vehículos corresponden a camiones con capacidad de carga de 6.500 kilogramos, dos son equipados con plataformas (véase Figura 4.5) y tres carrozados con cajas (véase Figura 4.6) todos son equipos con dos ejes. Usualmente los productos transportados son agrupados en *pallets*.



Figura 4.5: Camión plataforma de Fullerton.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.6: Camión carrozado con caja de Fullerton.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Vehículos de Distribución a Clientes

La empresa cuenta con 14 vehículos de carga para la distribución de los productos desde el centro de distribución a los domicilios indicados por los clientes para recibir sus productos, con

una capacidad promedio de 2.500 kilogramos. Estos vehículos se usan diariamente, exceptuando uno, que se deja como reserva para cubrir fallas de los que realizan algún servicio. Todos estos son vehículos cerrados, que corresponden a camiones (véase Figura 4.7) y furgones (véase Figura 4.8), de dos ejes. Son tripulados por un conductor y un peoneta. Los productos dentro de estos vehículos se transportan sueltos sobre el suelo.



Figura 4.7: Camión de reparto Mitsubishi Fuso Canter de empresa Fullerton.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.8: Furgón de reparto Ford Transit de empresa Fullerton.
Fuente: Elaboración propia.

4.3 Canales de Comercialización

La empresa para comercializar sus productos posee tres modalidades, a saber, teléfono, internet a través de su sitio web y presencial en los locales, todos con diferentes procesos, que tienen por

objetivo ser el enlace con el cliente, según la preferencia de estos. Estos canales de comercialización se describen en forma detallada en lo que sigue.

4.3.1 Venta por Teléfono

Fullerton ofrece la posibilidad de comprar a través de teléfono, los que son atendidos por diez operadores que se turnan de a cinco para cubrir los horarios de funcionamiento de la oficina del centro de llamados o *call center* descritos en la sección 4.5 “Jornadas de Trabajo”. Uno de los operadores actúa de supervisor y de cajero para las llegadas de los vehículos de reparto, cabe mencionar que esta oficina coordina la operación de distribución a diario y es aquí donde se archivan los comprobantes de envío para su posterior procesamiento.

Cada operador tarda en promedio 1,5 minutos en atender, debido a que primeramente se presenta, luego se comprueba que el producto deseado esté en inventario, posteriormente se identifica al cliente, es decir, si este está inscrito en el sistema informático de la empresa o es uno nuevo, en tal caso debe registrarlo, luego se procede a reunir los datos de compra, para luego ser creado el comprobante de envío, verificando que se cumplan las condiciones de envío estipuladas por la empresa, lo descrito anteriormente corresponde al subproceso “Venta por Teléfono” de la Figura 4.3. Debido a que esta modalidad no es presencial, el cliente debe pagar una vez recibida la carga o realizando una transferencia bancaria.

4.3.2 Venta por Internet

La empresa ofrece sus productos a través de su sitio web, además lo usa como un medio informativo institucional, ya que emite información referente a ubicación de locales de venta, condiciones de envío, información de contacto, entre otros. Debido a que el principal uso de la plataforma de internet es la comercialización, esta provee del catálogo completo de productos que la empresa vende, categorizándolos, indicando los valores y una imagen referencial.

Debido a que esta modalidad no es presencial, el cliente accede a su cuenta de usuario, en caso de no tenerla, la crea, además es el quien ingresa su compra, cabe mencionar que, si un producto no tiene disponibilidad en inventario, es retirado del catálogo de internet.

Una vez que el cliente ha seleccionado los productos que desea cumpliendo las condiciones de reparto, procede a escoger el método de pago, los que consisten en una transferencia bancaria a una cuenta indicada o pagar presencialmente a los tripulantes del vehículo de reparto una vez recibido el producto.

Las compras por internet quedan registradas en un buzón de mensajes de la plataforma de soporte del sitio *web*, la que posee los datos necesarios para que un empleado, que generalmente es el supervisor de turno de la oficina del centro de llamados, ingrese los datos al sistema informático de forma manual para imprimir el comprobante de envío. Además, es importante mencionar que es realizado de esta manera ya que el empleado puede verificar la posibilidad de la distribución a domicilio, esto se realiza estandarizando los datos aportados por el cliente con los que maneja la empresa y en el caso de ser necesario corroborar los datos llamándolo por teléfono. El comprobante de envío se archiva para continuar al proceso de distribución. Las actividades descritas anteriormente corresponden al subproceso “Venta por Internet” de la Figura 4.3.

4.3.3 Venta Presencial en Tienda

Para la venta presencial la empresa posee los recintos denominados en la sección 4.1 “Empresa Proveedora de Alimentos” como “Locales de Venta”, identificados en la Figura 4.1 con las denominaciones B, C, D, E, F, G, H, I y J. Además, tal como se describe en el capítulo citado, estos en su mayoría no son de propiedad de las mismas personas que las del centro de distribución, esto conlleva a que solo existe una menor coordinación en los trabajos de las organizaciones.

Cada local posee diferente cantidad de personal, los que se componen típicamente de un supervisor, que actúa de cajero y varios empleados que atienden los requerimientos de los

clientes. En estos recintos los productos se mantienen a la vista de los compradores para su elección.

Esta modalidad requiere que un cliente asista al local con el propósito de adquirir un producto ofrecido por la empresa, en donde los empleados se presentan y comprueban si se trata de un cliente registrado en el sistema informático o si es uno nuevo, en tal caso proceden a registrarlo, posteriormente se comprueba la disponibilidad del producto solicitado en el inventario del local si este desea llevárselo de manera inmediata, pero también puede solicitar el envío al domicilio, para tal caso debe comprobar la disponibilidad en el inventario general de Fullerton.

En el caso que un cliente solicite el envío al domicilio, el empleado del respectivo local después de comprobar la disponibilidad de los productos en el inventario general de la empresa, debe ingresar los datos para la generación del comprobante de envío, verificando que se cumplan las condiciones estipuladas por la empresa, es decir compra superior a 10.000 CLP y 25 kilogramos, luego se imprime en la oficina del centro de llamados para su posterior procesamiento. Lo descrito anteriormente corresponde al subproceso denominado “Procesamiento de Venta” de la Figura 4.3.

4.4 Procesamiento de Pedidos

Las actividades de la distribuidora Fullerton implican el procesamiento de pedidos, es decir, que en base a los requerimientos de un cliente elaboran una serie de actividades que tienen por objetivo entregar productos en un lugar determinado.

Estas actividades se inician por la decisión de alguna persona en comprar los productos que la empresa ofrece, desde ese instante se habla de un cliente. Este posee diferentes formas de contactarse con la distribuidora, de manera presencial y no presencial, vale decir por teléfono e internet.

En la forma de contacto presencial, el cliente puede elegir entre un retiro inmediato o una entrega en domicilio, para este último se recopilan los datos necesarios para un envío, vale decir, nombre

del cliente, tipo y cantidad de productos y dirección de entrega. De la misma forma, con un contacto no presencial solo es posible la entrega en domicilio, en donde se reúnen los datos anteriormente mencionados. Cada modalidad de contacto se detalla en la sección 4.3 “Canales de Comercialización”.

Una vez que la compra ha sido exitosa y se requiere distribución, esta es validada a través de un documento de uso interno, denominado anteriormente como “comprobante de envío”, el que una vez emitido se archiva para dar paso a las actividades de procesamiento de pedidos para la distribución que ofrece la empresa.

Los comprobantes de envío reúnen información relevante para el reparto, la que es clave para las siguientes actividades que se realizan, todas de forma manual, ver Figura 4.9. La información contenida en el documento corresponde a datos obtenidos del cliente, tales como:

- Nombre,
- Tipo de productos comprados,
- Cantidad de productos,
- Dirección de entrega.

Con los datos anteriores, el empleado que crea el comprobante, le asigna una serie de información para su continuidad en el proceso, algunos de forma manual, escribiendo en el documento impreso y otros con el sistema informático. Los datos que asigna el empleado son:

- Día en que el cliente solicita la entrega,
- Datos relevantes sobre la entrega, como por ejemplo dejar en otra ubicación o a otra persona, entre otros,
- Área de reparto, según la dirección entregada,
- Requerimiento de preparación de paquetes de productos, cuando la compra reúna una serie de unidades para cumplir las condiciones de entrega.

de modo LIFO. Con los comprobantes de envío separados por área de reparto, un empleado los ingresa al sistema informático, creando dos listas, una en la que se estipulan los productos a transportar y la otra las compras por cliente.

Luego, se retiran de la “bodega de distribución” los productos para ser separados por vehículos en el que se cargarán. Una vez creadas las listas y separados los productos, se comienza la estiba de los vehículos de distribución a clientes, esto se realiza de forma manual, por conductores y peonetas de la empresa, el orden de carga de los vehículos se realiza en base a la llegada de los conductores al centro de distribución al inicio de la jornada, de manera FIFO, eso se realiza en dos vehículos simultáneamente. Según mediciones hechas en terreno, en promedio cada área de reparto demanda 33 entregas (ver Anexo N°2).

Una vez realizadas las operaciones de estiba de los productos, el vehículo es despachado para realizar la distribución. Estas actividades tardan en promedio 19 minutos (ver Anexo N°3), según mediciones hechas en terreno.

Los vehículos se dirigen a su área de reparto y la recorren conforme al orden creado por el conductor, esto implica que todos los días esto sea distinto, lo que explica que el empleado que concreta la venta con reparto a domicilio, informe al cliente sobre un intervalo de tiempo de para la recepción de la compra de aproximadamente 6 horas.

Los conductores de los vehículos de distribución a clientes deben basarse en su experiencia para encontrar las direcciones de entrega. Una vez arribados al destino del pedido y contactado el cliente, deben verificar el pago del producto, existiendo los que fueron pagados y los que deben ser pagados en el instante. Una vez resuelto el método de pago se procede a la entrega del producto, luego de realizada esta operación, el vehículo se dirige a la nueva ubicación en su lista de entregas. Esta operación individualmente tarda en promedio 7 minutos, según testimonios de los tripulantes y por mediciones hechas en terreno (ver Anexo N°4).

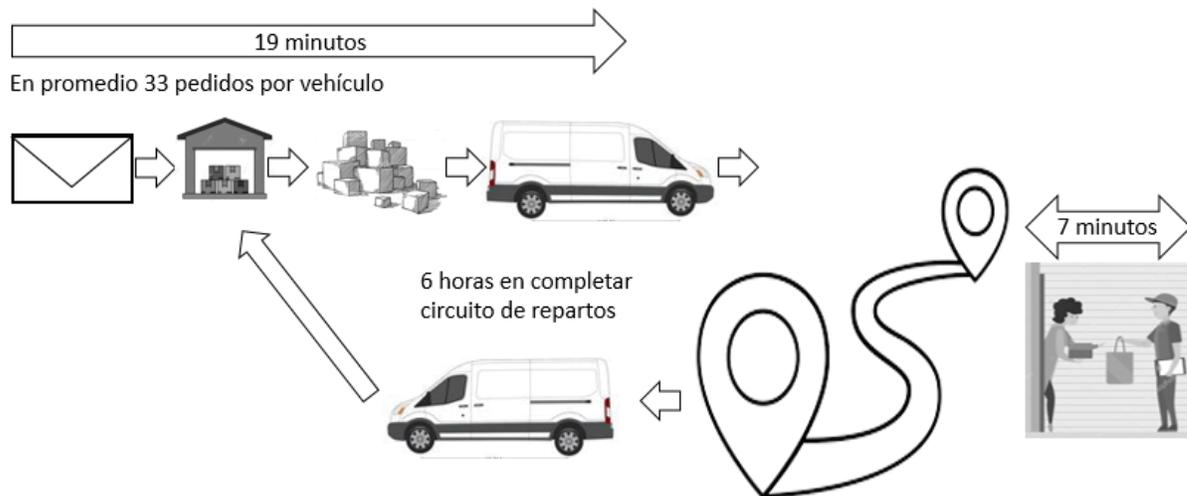
Luego de completado un circuito de entregas, los vehículos de reparto retornan al centro de distribución, en las actividades anteriores tardan en promedio de 6 horas, según mediciones

hechas en terreno (ver Anexo N°5), en donde no existe certeza de la hora en la que entregaron cada producto.

Una vez arribados los vehículos de reparto al centro de distribución, son recibidos por el supervisor de turno del centro de llamados, quien comprueba la entrega exitosa de los productos, existiendo muchas veces fallidas, en donde la entrega se posterga hasta la siguiente jornada de trabajo y se recopilan antecedentes sobre el motivo del fallo en la entrega, emitiendo un nuevo comprobante de envío, el que es archivado para su nuevo procesamiento.

El supervisor del centro de llamados una vez llegados los vehículos de distribución a clientes, además de verificar el estado de las entregas, recibe el dinero de las ventas, es decir del pago de los productos hechos a los tripulantes del vehículo por parte de los clientes, con esto verifica que la venta y distribución fueron exitosas, terminando el procesamiento del pedido.

En la Figura 4.10 se aprecia un esquema con los procesos que se realizan en el caso de estudio con propósito de la distribución, con los tiempos recogidos de la medición en terreno descrita anteriormente.



- Intervalo de tiempo de para la recepción de la compra: 6 horas.

Figura 4.10: Esquema de tiempos de actividades de distribución Fullerton.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno.

4.5 Jornadas de Trabajo

La empresa realiza sus operaciones mayoritariamente de lunes a sábado, existiendo excepciones en el funcionamiento de recintos los domingos a criterio del dueño del local. Es importante a considerar los horarios debido a que mientras un local de venta o el centro de llamados trabaje se generarán envíos y mientras lo haga la flota de transporte, se realizará el proceso de distribución. Para el caso de los locales de venta y el centro de llamados, los horarios de funcionamiento se presentan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2: Horarios de atención de Distribuidora Fullerton año 2019.

LOCAL	HORARIOS DE ATENCIÓN		
	LUNES A VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
CENTRO DE LLAMADOS	08:00-20:30	08:00-13:00	-
CONCÓN	08:30-20:30	08:30-13:30	-
PLACILLA	09:00-20:00	09:00-20:00	09:30-13:30
QUILPUE	08:00-20:00	09:00-17:00	-
REÑACA	09:00-20:00	09:00-20:00	10:00-15:00
VALPARAÍSO	07:30-19:00	07:30-17:00	09:00-14:00
VILLA ALEMANA 1	09:00-13:00/16:00-20:00	09:00-14:00	-
VILLA ALEMANA 2	09:30-13:30/16:30-20:30	09:30-13:30/16:30-20:30	10:00-13:00
VIÑA DEL MAR 1	09:00-19:30	09:00-17:00	-
VIÑA DEL MAR 2	09:00-19:30	09:00-15:00	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la empresa.

Sin embargo, debido a la modalidad de operación de la empresa existen otras jornadas de trabajo, que corresponden al funcionamiento de los vehículos de distribución a clientes, estos trabajan de lunes a sábado a contar de aproximadamente las 08:00 horas, debido a que en ese horario se inician las operaciones de carga. Esto puede sufrir retrasos por una serie de variables, tales como el clima, operatividad de vehículos, asistencia de trabajadores, problemas informáticos, entre otros.

La operación de distribución o el funcionamiento de cada uno de los vehículos de reparto termina hasta finalizar todas las entregas o hasta las 20:00 horas. Pese a lo anterior, los tripulantes tienen un horario de salida, que de terminar la distribución antes de él, deben

permanecer en el recinto, colaborando con el ordenamiento de la bodega, en caso contrario, se retiran inmediatamente, esto provoca que muchas veces los conductores basen la rapidez de su trabajo de reparto en el horario descrito, con el propósito de evitar las labores extra en bodega, modificando los indicadores que dependen de ello.

Debido a la modalidad de operación, los viernes algunos vehículos de distribución a clientes realizan dos procesos de carga al día, uno en la mañana en la hora antes mencionada y otro en la tarde, es decir, dos circuitos de entrega al día, extendiendo muchas veces el horario de funcionamiento.

4.6 Áreas de Reparto

La empresa distribuye sus productos a los domicilios de los clientes que se encuentren en las comunas de Concón, Nogales, La Calera, La Cruz, Limache, Olmué, Puchuncaví, Quillota, Quilpué, Quintero, Valparaíso, Villa Alemana y Viña del Mar, que es considerada como su área de influencia.

Debido a la intrincada geografía de la zona donde opera la distribución, a lo largo de los años la empresa ha definido una serie de áreas en donde opera cada vehículo de reparto, a estos se les denominan “Sectores” y se les asigna un número, los que en total corresponden a 13, los que dividen a la zona de influencia.

Los criterios de creación de estos son la distancia desde el centro de distribución, la cantidad de clientes con domicilio en él y las características de los accesos a los lugares que lo componen, en donde también influye la cronología en la que se fueron ofreciendo los servicios de distribución en los sectores o lugares que los componen.

En la Figura 4.11 se aprecia una imagen satelital del área geográfica en donde la empresa reparte sus productos, mientras que en la Figura 4.12 se aprecia dicha área con la división en sectores de repartos creados por la empresa.

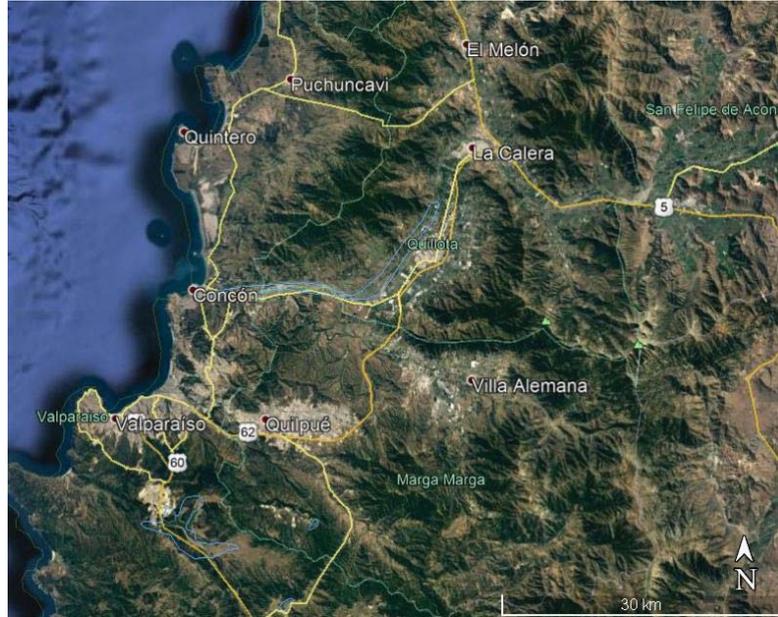


Figura 4.11: Área de distribución de productos de Fullerton.
Fuente: Extraída de Google Earth (Google Inc., 2018).

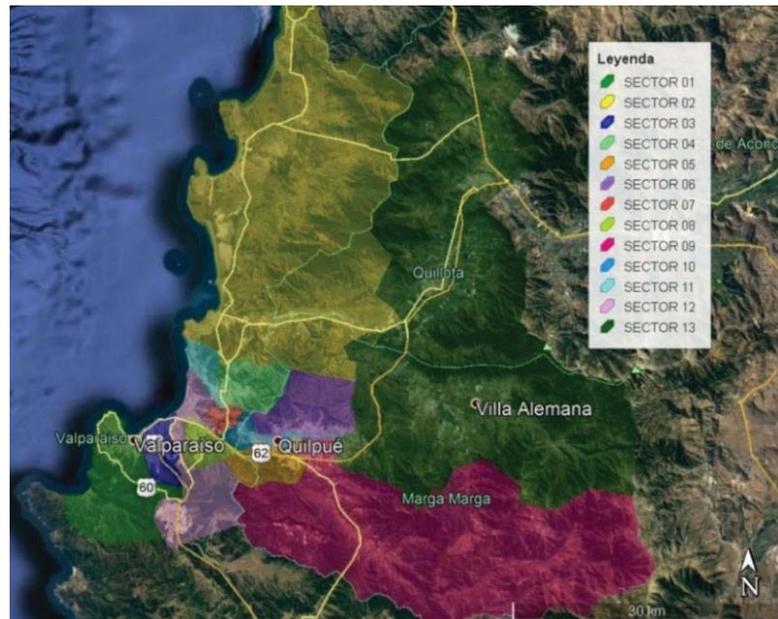


Figura 4.12: Sectores de distribución de productos de Fullerton.

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos empresa, a partir de Google Earth (Google Inc., 2018).

De cada sector se encarga un conductor y un peoneta, con su camión, preferentemente que estos sean conocedores de los lugares que recorren, para evitar demoras en la búsqueda de las

direcciones de los clientes, esto quiere decir que dichos empleados o por lo menos uno de ellos debe ser experto en el sector donde opera, además, a lo largo del tiempo esto permite que se creen conocimientos sobre los clientes, es decir, conozcan algunas de sus características que permitan facilitar las entregas de productos, todo esto en el caso de los clientes permite conocer quien le entregará sus productos y que se creen lazos de confianza, lo que permite la mejora en el nivel de servicio de la atención. En el Anexo N°1 se detallan los lugares que componen a cada sector de reparto de la empresa.

4.7 Análisis FODA

En base a lo expuesto anteriormente y observaciones hechas en terreno es posible realizar un análisis FODA del grupo de empresas que componen la marca Fullerton resumiendo, el que se expone en las siguientes secciones.

4.7.1 Fortalezas

- Fidelización de clientes.
- Experiencia en la venta de productos.
- Presencia en todas las comunas del Gran Valparaíso.
- Vehículos de carga nuevos y de marcas confiables, baja tasa de falla.
- Prestigio en la distribución de productos en la comuna de Villa Alemana.
- Baja cantidad de reclamos registrados.

4.7.2 Oportunidades

- Ausencia de competidores directos en su zona de influencia.
- Cercanía de sus locales a zonas ganaderas.
- Aumentos de los cuidados y alimentación para mascotas.
- Aumento del uso de TIC para comprar.
- Aumento de las necesidades del reparto a domicilio.

4.7.3 Debilidades

- Reducido uso de herramientas de ingeniería para el diseño de las operaciones.
- Descontrol del gasto de combustible de vehículos de la flota propia.
- Descontrol del mantenimiento de vehículos de flota propia.
- Uso de sistema informático insuficiente para todas las operaciones que se realizan.
- Sobrecarga de tareas para los encargados del centro de llamados.
- Designación en jefaturas a personas con pocos conocimientos especializados y experiencia.
- Falta de inducción y capacitación de su personal.
- Presencia de mal ambiente en algunas áreas e incentivos morales.
- Despreocupación de los problemas de los clientes.
- Ubicación de instalaciones claves en la operación.
- Venta de productos exclusivos de la empresa solo en la zona de influencia, sin consideración de expandir a petición de clientes.

4.7.4 Amenazas

- Altos costos de combustibles.
- Grandes empresas de *retail* y empresas de aplicaciones móviles se insertan en la industria de la distribución de productos en la zona.
- Bajas barreras de entrada a la industria.
- Aumento del tránsito de vehículos en zonas urbanas del Gran Valparaíso.

En base al análisis anterior realizado al grupo de empresas Fullerton, es posible dilucidar que la administración considere en el corto a mediano plazo soluciones para mejorar sus procesos y establecer las bases del desarrollo posible de la empresa, para no perder lo que se ha logrado a lo largo de toda la trayectoria.

5 Diagnóstico del problema

La empresa del caso de estudio pertenece al grupo de empresas familiares de distribución, las que fueron descritas en la sección 1.2 “Planteamiento del Problema”, en donde se postula que estas empresas no cuentan con reglamentos o sistemas profesionales de reparto, obviando datos generados de su operación, basando su gestión en criterios de dueños y empleados, presentando muchas veces resistencia al cambio. Además, al no usar datos reales sus ineficiencias se invisibilizan, vislumbrándose solamente por los clientes en los tiempos que tardan los procesos, que de mejorarse podrían hacer a la empresa más competitiva en el mercado.

En el caso de estudio se dejan muchos procesos de la distribución a juicio de empleados, tal como lo es el ruteo de los vehículos y sus mantenciones, además los criterios sobre el inventario de productos son de exclusiva responsabilidad de algún encargado, sin el uso de datos reales relacionadas a la estimaciones de demanda de cada local de venta.

La composición de la empresa es de varias EIRL, de propiedad de diferentes personas, con relaciones parentales entre sí, las que poseen la franquicia de la marca “Fullerton”, que coordinan solo ciertas operaciones, dificultando el establecimiento de metas y procesos únicos, generando problemas en coordinación de inventarios en los recintos respectivos.

La flota al ser de propiedad propia de la empresa genera altos costos fijos, además, requiere ciertas inversiones, lo que en este caso no se realiza de forma controlada, como por ejemplo el mantenimiento, el que se deja al azar, provocando costos de forma imprevista, los que pueden aumentar si afectan a la operación, ya que el fallo de forma repentina de uno o más vehículos afectará de manera directa a las actividades de transporte y distribución. Además, la empresa no controla totalmente la gestión operativa de su flota de vehículos, esto se hace en base a criterios de los empleados, conductores y encargados, los que no poseen conocimientos formales en el tema, sino que son producto de la experiencia obtenida en el ejercicio de sus funciones, quienes crean las rutas de distribución interna y también la de clientes.

En la distribución interna de la empresa, no existen rutas preestablecidas de abastecimiento a los locales de ventas, permitiendo cualquier combinación de recintos en las rutas, pudiéndose realizar movimientos innecesarios, los que se traducen en altos costos de combustibles y extendidos tiempos de transporte.

En la distribución a clientes, la realización de las actividades que la inician de forma manual puede generar errores que son visibles por los clientes, tal como lo es la asignación del “sector de reparto”. Esta distribución cumple muchas de las características de la última milla, como lo es el régimen de administración, políticas operacionales y los escenarios que se desenvuelve.

La empresa del caso de estudio enfrenta la distribución de última milla de una forma creada desde el origen de fundación y desarrollado con los años y la gestiona basado, al igual que muchas de sus operaciones, por criterios de distintas personas, sin usar datos obtenidos reales.

La sectorización del área de influencia de la empresa responde a la gran cantidad de clientes en ella, pero es posible que las “áreas de reparto” estén desactualizadas, en cuanto a los nuevos desarrollos urbanos, crecimiento demográfico y distribución espacial de los clientes, esto último responde a un análisis de demanda, lo que está fuera de los alcances y límites del presente proyecto, sin embargo, es posible estimar en base a mediciones a priori hechas en terreno, que en cada sector en promedio 35 clientes solicitan “reparto a domicilio”, es decir, existen entregas. Además, se puede inferir que las condiciones actuales de la ciudad pueden provocar retrasos en las entregas, justificándose el largo tiempo de espera informado por la empresa a sus clientes, que en este caso corresponde a 6 horas.

Respecto a las instalaciones, las que están ubicadas en el área de influencia su uso responde en su mayoría a actividades del tipo comercial, existiendo un solo recinto dedicado a las actividades logísticas, denominado como “centro de distribución”, el que se encuentra ubicado en uno de los extremos del área, específicamente en el sector de Peñablanca.

En el recinto dedicado a actividades logísticas se realizan las actividades concernientes a la distribución interna de productos, como la que se realiza a los domicilios de los clientes, esto

provoca que existan en ciertos casos largas distancias que recorrer, como por ejemplo desde Peñablanca a alguna dirección en el sector de Playa Ancha en Valparaíso, lo que sumado a que gran parte de ese trayecto sea en zonas urbanas, con mayor tráfico en las calles que en zonas rurales, esto genera mayores tiempos de viaje, debido a lo limitado de las velocidades desarrolladas por los vehículos. Lo anterior también se presenta en el contexto de la distribución interna, en donde, por ejemplo, la distancia por el camino más expedito en toda hora entre el recinto con las actividades logísticas en Peñablanca y el local de venta de Concón, es de 39 kilómetros también en zonas urbanas.

Si bien la empresa cuenta con una amplia utilización de TICs, es solo de carácter consultivo y no de gestión de las tareas propias de la distribución, tal es el caso del sistema informático, que excluye de sus funciones a las de asignación de áreas o sectores de reparto a los comprobantes de envío para su posterior procesamiento, dicho sistema permite solo actividades de venta e inventario. Además, cabe destacar que el uso del GPS no es con el propósito de controlar los movimientos de los vehículos de forma operativa o para recoger oficialmente información que ayude a la gestión, solo se hace para salvaguardar los equipos de propiedad de la empresa.

Finalmente, el uso del personal de transporte para otras funciones puede generar variables que afectan a la distribución, tal es el caso del factor “Jornada de Trabajo” sobre los conductores, quienes al tratar de evitar actividades extras que se les asigna luego de su circuito de entrega diario, que en promedio tarda 6 horas indistintamente el sector asistido, los influencia a querer demorar su llegada de vuelta al centro de distribución, esta manipulación repercute en la operación y en el servicio prestado a los clientes, debido a que retrasan la entrega de productos a muchos de los clientes que poseen en su ruta.

Se debe considerar que conductores y peonetas son requeridos en las actividades de preparación y estiba de la carga en los vehículos de distribución a clientes, tardando un tiempo aproximado de 30 minutos por vehículo, iniciando a las 08:00 horas en los días de trabajo y el tiempo que con anterioridad que asisten al recinto para el ordenamiento de los turnos de despacho, que puede influenciar a tener malas prácticas respecto a las operaciones de la empresa.

6 Propuestas de Solución

Con el propósito de dar respuesta a los problemas planteados en el capítulo anterior, referentes al actual sistema de distribución de la empresa del caso de estudio, en las siguientes secciones se resumen algunas de estas propuestas de solución, las que pueden funcionar de manera independiente o en conjunto con alguna combinación de ellas.

6.1 Cambios en las funciones de las instalaciones

Para dar respuesta a los prolongados tiempos de viaje y reducir las distancias a recorrer, es posible proponer el cambio de las funciones de las instalaciones o recintos de la empresa, esto supone que el sistema de distribución interna no posee fallas y que la empresa, con todos sus recursos es dirigida como una sola entidad, entonces las modificaciones a las funciones que se realizan en las instalaciones, implican que, los locales de venta poseen vehículos de distribución a clientes, para servir a un área definida y además de bodegas de mayor capacidad, para albergar todos los productos ofrecidos por la empresa.

En detalle, los locales de venta reciben los pedidos presenciales y los comprobantes de envío emitidos por un departamento encargado de las ventas por teléfono e internet, siendo este el que los clasifica y remite a cada local. Los vehículos de distribución a clientes son guardados y cargados en cada uno de estos recintos, con esto se reducen las distancias y tiempos de viaje de los productos, además, es posible la realización de varios circuitos de entregas en el día, reduciendo los OLT de los pedidos y reduciendo la tasa de utilización de cada vehículo.

Lo anterior permite la opción de controlar las salidas desde los locales, para entregar información al cliente en caso de ser necesaria, tal como el horario de arribo al domicilio, reduciendo el actual, con esto se hace necesario un mayor control al instante de cada vehículo, usando las TICs necesarias.

Con esta propuesta de solución se elimina la bodega de distribución a clientes, además se debe modificar el proceso de recepción de los vehículos de vuelta, como también el control y

coordinación entre los locales para la mantención de los inventarios, lo que supone costos relacionados a la posible construcción de bodegas, modificación de las instalaciones, entre otros, los que a priori se estiman en más de 10.000.000 CLP.

6.2 Cambios en los procesos

Esta propuesta de solución consiste en la automatización de los procesos finales descritos en la sección 4.1, esto quiere decir que se debe dejar la forma manual de procesar los pedidos, reduciendo el error y dependencia de una persona, ligando las funciones a un sistema. Además, esto permite poseer la información precisa sobre las rutas, pudiendo incluir *software* de ruteo, lo que permite reducir los tiempos de espera de los clientes.

Las actividades de los procesos en cuestión corresponden a: “Asignación de sector y orden de entrega” y “Separación de productos”. Esta propuesta de solución supone un funcionamiento sin modificar en gran medida lo actual, pero conlleva el correcto uso de las TICs para controlar los vehículos de distribución a clientes, esto supone costos asociados entre 0 y 100.000 CLP.

6.3 Cambios en el uso de recursos

Para dar respuesta a una serie de pérdidas de información de gestión que posee la empresa, se sugiere un cambio en la forma en que se utilizan los recursos, esto implica tanto al personal, herramientas y equipos. Por lo tanto, esta propuesta de solución afecta a las decisiones administrativas de mediano y largo plazo.

El uso de GPS en la empresa, más que conocer la ubicación de los vehículos y estimar a priori los tiempos de arribo, sirve para una serie de aplicaciones, tales como en la creación de políticas de conducción, con el propósito de evitar accidentes y mejorar la imagen empresarial. En la operación este sistema permite controlar y supervisar ciertas actividades, lo que facilita por ejemplo la ubicación de las direcciones de los clientes, también permite conocer el estado del tránsito en las calles, lo que contribuye a la prestación de un mejor servicio al reducir el intervalo

de espera dado por la empresa a los clientes. Se sugiere la destinación de personal para realizar estas labores especializadas.

En cuanto al personal, además de destinarlos para las actividades anteriormente mencionadas, se deben emplear en actividades de control del estado de los vehículos, preferentemente estos deben ser los conductores, registrando en bitácoras los datos más importantes, tales como kilómetros recorridos, estado de piezas, novedades, niveles de fluidos, entre otras, lo que permite tener un respaldo sobre las fallas de estos, dando pie a la creación de un departamento de mantención o a una correcta externalización de la misma, evitando de esta forma la posibilidad de ocurrencia de fallas en estos equipos de forma imprevista, pasando a tener mantenimientos preventivos.

En cuanto al uso de sistemas informáticos, se deben utilizar también aquellos que ayudan a una correcta asignación de áreas de reparto a las compras con esta modalidad, ya que actualmente solo responde a las actividades de venta e inventario. Además, considerar el uso de *software* de ruteo

La capacitación del recurso humano en sus áreas de labor permite dar un mejor desempeño de su funciones, tales como atención de público en el caso de los conductores y peonetas de distribución a clientes, también cabe mencionar la capacitación a todos los vendedores de los locales de la empresa, para establecer de forma unificada protocolos de respuesta a eventualidades, evitando por ejemplo la intervención directa de los dueños en cada una.

El uso de la información concreta sobre la gestión de la empresa por parte de los administradores, más que usar sus criterios formados por experiencia empírica, permitiendo una toma de decisiones de forma eficaz y eficiente.

Con todo lo anterior, se estiman unos costos que van entre los 500.000 y 2.000.000 CLP, debido a las posibles inversiones en la contratación de personal especializado para labores operativas o de capacitación, como también a los costos asociados a la nuevas funciones del sistema informático.

6.4 Cambio del sistema de distribución interna

Con el propósito de ser empleado en alguna de las propuestas anteriores y reducir movimientos innecesarios para cumplir los objetivos, se plantea modificar el sistema de distribución interna actual, creando rutas prefijadas de abastecimiento con su respectivo itinerario, suponiendo la administración unificada de las empresa que conforman la marca.

Lo anterior se lleva a cabo mediante el control de inventarios en cada local de forma precisa, para realizar los encargos de productos de forma obligatoria al centro de distribución en los días destinados para dicho local y en un horario fijo, conforme a las necesidades de cada uno. Esto permite crear pronósticos de demanda de productos, lo que a largo plazo facilita la posesión de un inventario adecuado a las necesidades de la empresa.

Las rutas de esta distribución se crean en base a las distancias de recorrido entre los locales de venta, los que se encuentran contenidos en la Tabla 4.1 “Distancias por caminos entre instalaciones de Fullerton”, además considerando las capacidades de los vehículos descritos en la sección 4.2.1 “Vehículos de Distribución Interna” se consideran solo dos locales por cada una, reestructurándose el grafo de la Figura 4.2 “Red de distribución interna de Fullerton” tal como se ilustra en la Figura 6.1.

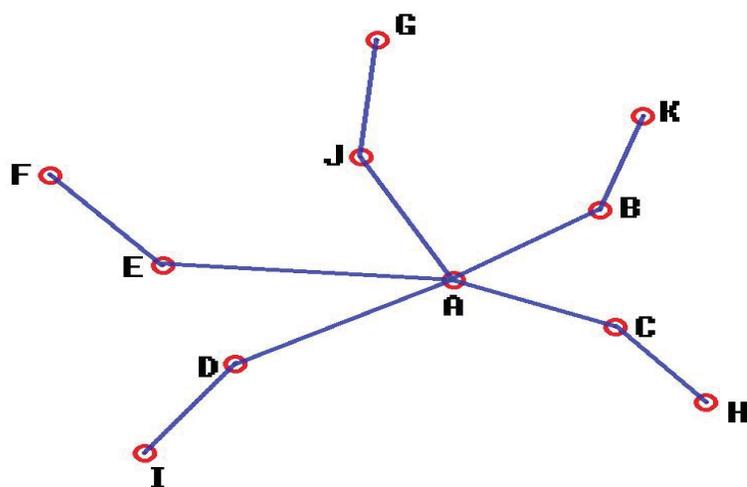


Figura 6.1: Red de distribución interna con rutas preestablecidas.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede concluir además que el conductor del vehículo de distribución interna pierde la responsabilidad de establecer el orden de sus destinos y horarios de salida, sin embargo, y a criterio del administrador de la empresa, es posible que conserve la elección de los mejores caminos para transitar. Todo lo anterior supone costos estimados entre 0 y 100.000 CLP, debido al uso de posibles herramientas digitales en el control de inventario de forma precisa.

6.5 Selección de la alternativa de solución

Debido a la multiplicidad de alternativas de solución descritas anteriormente, se debe seleccionar solo una de ella o una posible combinación que permita dar respuesta a los objetivos del presente proyecto.

Para la elección de la mejor propuesta de solución debe realizarse un análisis a cada una, después se deben comparar en aspectos específicos que permitan medir el nivel con que estas se ajustan a los objetivos propuestos.

Con el propósito de comparar uniformemente las propuestas de solución se eligen los indicadores de rendimiento que permitan acercarse a los objetivos del proyecto, al ser aspectos claves, estos indicadores son: OLT, distancias recorridas por vehículos, ocupación de la capacidad de vehículos, intervalo de tiempo de espera de clientes, instalaciones y costos asociados, los que se describen a continuación:

- OLT: comparar la variación que tiene la aplicación de cada solución en el tiempo de entrega permite establecer uno de los aspectos relativos al nivel de servicio, que es percibido por los clientes de la empresa, siendo en este caso el tiempo que tarda la empresa en entregar el pedido después de hacerlo, lo que es una de las preocupaciones en el problema de la última milla. Las propuestas de solución pueden aumentar, disminuir o no afectar al OLT.
- Distancias recorridas por vehículos: algunas de las propuestas de solución afectan al total general de las distancias que deben recorrer los vehículos de distribución interna o a

clientes, debido a que modifican el tipo de operación o el ruteo en el caso del abastecimiento interno. La variable de distancias recorridas tiene impactos sobre el consumo de combustible, tiempo de viaje, costos de transporte, entre otros. Las propuestas de solución pueden reducir, aumentar o no afectar a las distancias recorridas por los vehículos, en donde la situación óptima es la reducción de las distancias, debido a los costos asociados.

- Ocupación de la capacidad de los vehículos: representa al porcentaje en que la capacidad de los vehículos es efectivamente usada, en el caso de estudio estos pueden ser tanto los de distribución a clientes como de abastecimiento interno. En la práctica es posible realizar el cálculo de este indicador a través del peso máximo permitido por el vehículo según el fabricante y por la capacidad volumétrica de los espacios destinados a la carga, sin embargo, en el caso de estudio, debido al tipo de carga, la que no posee un aporte de peso significativo respecto al volumen, se analiza solo desde la medición de la primera variable. Las propuestas de solución pueden aumentar, disminuir o no afectar a la ocupación de los vehículos. Su aumento representa una mejora en la eficiencia del sistema, ya que se reduce la pérdida de combustible con viajes de vehículos sin carga, en cambio, su reducción provoca los efectos contrarios.
- Intervalo de tiempo para la entrega: este indicador hace referencia al periodo de tiempo en que los pedidos pueden arribar a la dirección indicada por los clientes, se traduce como el tiempo que estos deben esperar el arribo de los productos en el destino indicado, este es definido por la empresa en base a sus capacidades de operación. Este indicador es altamente valorado por los clientes y el que genera varios de los problemas relacionados a la distribución de última milla, es menester su reducción, para mejorar el nivel de servicio de la empresa y su competitividad.
- Instalaciones: este indicador representa la afectación sobre los recintos actuales y sus edificaciones respecto de la implementación de las propuestas de solución, es decir si para ellas es necesaria una modificación de las actuales construcciones, la cantidad de recintos, su ubicación, entre otras. Esta variable debe ser minimizada, debido a lo que

representan indirectamente estas modificaciones, las que están estrechamente relacionadas con los costos asociados.

- Costos asociados: corresponde al rango de costos monetarios asociados a la implementación de las propuestas de solución, los que corresponden a una estimación aproximada en base a los cambios, compras, modificaciones que implica cada una en los recursos que posee la empresa, las que son descritas en el Capítulo 4: “Situación de distribución actual del Caso de Estudio”. Para lo anterior se definen cuatro rangos de costos, los que corresponden a los que son menores a 500.000 CLP, los que están entre 500.001 y 2.500.000 CLP, entre 2.500.001 y 10.000.000 y los que son mayores a 10.000.000 CLP. Los costos referidos buscan ser minimizados.

Debido a la definición de las variaciones que experimentan los indicadores de rendimiento es posible asignarles un puntaje, siguiendo lo estipulado por el modelo de toma de decisiones AHP, para su posterior análisis y comparación, esto se hace independiente para cada indicador y evaluando las posibles afectaciones que tendrá cada propuesta de solución en estos. Los puntajes que se asignan a cada indicador se listan a continuación, detallando además las variaciones posibles de cada uno. En la Tabla 6.1 se detalla la evaluación de cada propuesta de solución, guiada por las secciones anteriores, donde se aprecian los mayores puntajes a lo deseado:

- OLT:
 - Reduce: 1 puntos.
 - No afecta: 0 puntos.
 - Aumenta: -1 punto.
- Distancias recorridas por vehículos:
 - Reduce: 1 punto.
 - No afecta: 0 puntos.
 - Aumenta: -1 punto.
- Ocupación de la capacidad de vehículos:
 - Aumenta: 1 punto.

- No afecta: 0 puntos.
- Disminuye: -1 punto.
- Intervalo de tiempo para la recepción:
 - Permite acotarlo: 1 punto.
 - No afecta: 0 puntos.
 - Lo prolonga: -1 punto.
- Instalaciones:
 - Requiere nuevas: -2 puntos.
 - Modifica: -1 punto.
 - No afecta: 0 puntos.
- Costos Asociados:
 - Entre 0 y 500.000 CLP: 2 puntos.
 - Entre 500.001 y 2.500.000 CLP: 1 punto.
 - Entre 2.500.001 y 10.000.000 CLP: 0 puntos.
 - Más de 10.000.000 CLP: -1 punto.

Tabla 6.1: Evaluación de propuestas de solución.

Indicadores de rendimiento	Propuestas de Solución			
	Cambios en las funciones de las instalaciones	Cambios en los procesos	Cambios en el uso de recursos	Cambio del Sistema de Distribución Interna
OLT	REDUCE	REDUCE	NO AFECTA	NO AFECTA
Distancias recorridas por vehículos	REDUCE	REDUCE	REDUCE	REDUCE
Ocupación de la capacidad de vehículos	NO AFECTA	NO AFECTA	NO AFECTA	DISMINUYE
Intervalo de tiempo para la recepción	PERMITE ACOTARLO	PERMITE ACOTARLO	PERMITE ACOTARLO	NO AFECTA
Instalaciones	MODIFICA	NO AFECTA	NO AFECTA	NO AFECTA
Costos asociados	MÁS DE 10.000.000 CLP	ENTRE 0 Y 500.000 CLP	ENTRE 500.000 Y 2.500.000 CLP	ENTRE 0 Y 500.000 CLP

Fuente: Elaboración propia, a partir de método AHP (Berumen et al., 2007).

En base a la Tabla 6.1 se puede concluir que existen propuestas de solución que no afectan a ciertos indicadores, por ejemplo, la propuesta “Cambios en los procesos” no provoca alteraciones en “Ocupación de la capacidad de los vehículos”, pero en el caso de la propuesta “Cambios en la funciones de las instalaciones” se considera “No afecta” pero debido a sus características este indicador puede aumentar como disminuir en ese caso, anulándose los extremos, de esta misma forma las demás propuestas presentan diversas características.

Con el propósito de la elección de la mejor alternativa de solución, se usa lo propuesto por el modelo AHP, en donde se requiere la jerarquización de cada indicador que está dada por el administrador de la empresa del caso de estudio.

El administrador, señala que: los indicadores de rendimiento son dependientes entre sí y se reflejan en los costos, además que para la gestión diaria se enfoca primeramente en que los vehículos sean despachados utilizando la mayoría de su capacidad, que las distancias a recorrer sean las menores dentro de lo que se pueda, además, que los tiempos de entrega no sobrepasen lo estipulado. A partir de lo anterior, considera que los costos dependen de los indicadores anteriores, pero no son la prioridad y en cuanto al intervalo de tiempo para la recepción, no es competencia directa de la empresa. De forma concreta señala que el orden de prioridad (desde la más alta) de los indicadores es como sigue:

- Ocupación de la capacidad de los vehículos.
- Distancias recorridas por vehículos.
- OLT.
- Costos asociados.
- Instalaciones.
- Intervalo de tiempo para la recepción.

En el orden anteriormente expuesto es importante destacar que existen indicadores relacionados directamente a la calidad del servicio ofrecido y otros a las características de las operaciones que se llevan a cabo.

En base a lo anterior es posible aplicar la metodología AHP para jerarquizar, considerando la decisión individual entre indicadores dada por el administrador de la empresa. Para esto se utiliza la Escala Saaty (ver Tabla 2.2) en donde se obtiene lo contenido en la Tabla 6.2 expuesta a continuación.

Tabla 6.2: Aplicación de Escala Saaty comparando indicadores de rendimiento.

Indicadores de rendimiento	OLT	Distancias recorridas por vehículos	Ocupación de la capacidad de vehículos	Intervalo de tiempo para la recepción	Instalaciones	Costos asociados
OLT	1	2	1/3	9	5	2
Distancias recorridas por vehículos	1/2	1	1/2	9	5	2
Ocupación de la capacidad de vehículos	3	2	1	9	7	2
Intervalos de tiempo para la recepción	1/9	1/9	1/9	1	5	1/9
Instalaciones	1/5	1/5	1/7	1/5	1	1/7
Costos asociados	1/2	1/2	1/2	9	7	1

Fuente: Elaboración propia a partir de Berumen et al. (2007).

De esta forma se obtiene que el total de puntuación de la decisión (suma de todos los valores de la tabla) corresponde a 88,16, con lo que es posible calcular la ponderación de cada indicador, las que se señalan en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3: Factores de ponderación de indicadores según método AHP.

Indicador de rendimiento	Puntuación total	Factor de ponderación	Porcentaje de equivalencia
OLT	19,33	0,219	21,9%
Distancias recorridas por vehículos	18,00	0,204	20,4%
Ocupación de la capacidad de vehículos	24,00	0,272	27,2%
Intervalos de tiempo para la recepción	6,44	0,073	7,3%
Instalaciones	1,89	0,022	2,2%
Costos asociados	18,50	0,210	21%
TOTAL	88,16	1	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de Saaty (2008).

Lo anterior implica que el nuevo orden de prioridades de los indicadores de rendimiento cambia, debido a la calibración de los factores de equivalencia de cada uno, los que son reordenados de mayor a menor en el siguiente listado:

- Ocupación de la capacidad de vehículos.
- OLT.
- Costos asociados.
- Distancias recorridas por vehículos.
- Intervalo de tiempo para la recepción.
- Instalaciones.

Debido a las características propias del problema de última milla, en donde se considera el nivel de servicio brindado a los cliente y tomando en cuenta los dos indicadores de rendimiento que contribuyen a eso, vale decir “OLT” y “Intervalo de tiempo para la recepción” y su reducida importancia para el administrador, es que se plantea el uso del método AHP para dilucidar la importancia y jerarquía de las propuestas de solución basado en las alteraciones que provocan en los indicadores, realizándose a través de la Escala Saaty, tal como lo presenta la Tabla 6.4.

Tabla 6.4: Aplicación de Escala Saaty comparando propuestas de solución.

Propuestas de solución	Cambio en las funciones de las instalaciones	Cambios en los procesos	Cambios en el uso de los recursos	Cambios en el sistema de distribución interna
Cambio en las funciones de las instalaciones	1	7	5	2
Cambios en los procesos	1/7	1	3	1/2
Cambio en el uso de los recursos	1/5	1/3	1	5
Cambio del sistema de distribución interna	1/2	2	1/2	1

Fuente: Elaboración propia a partir de Berumen et al. (2007).

De la misma forma que, en los indicadores de rendimiento, se obtiene que el total de puntuación de la decisión (suma de todos los valores de la tabla) corresponde a 29,88; con lo que es posible calcular la ponderación de cada indicador, las que se señalan en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5: Factores de ponderación de propuestas de solución según método AHP.

Propuesta de solución	Puntuación total	Factor de ponderación	Porcentaje de equivalencia
Cambios en las funciones de las instalaciones	15	0,502	50,2%
Cambios en los procesos	4,64	0,155	15,5%
Cambios en el uso de los recursos	6,54	0,219	21,9%
Cambio en el sistema de distribución interna	3,7	0,124	12,4%

Fuente: Elaboración propia a partir de Saaty (2008).

Una vez calculados los factores de ponderación de los indicadores de rendimiento y de las propuestas, siendo los primeros basados en los criterios del administrador de la empresa del caso de estudio y los segundos en el autor, es posible calcular la equivalencia de cada una de las propuestas de solución corregidos por los indicadores de rendimientos usando los puntajes de las alteraciones que provocan, definidos anteriormente. En la Tabla 6.6 se aprecian los puntajes de afectación de cada indicador de rendimiento en las respectivas propuestas de solución, las que son ajustadas con los factores de ponderación calculados con la metodología AHP.

Tabla 6.6: Puntajes corregidos con los factores de ponderación del método AHP.

Indicadores de rendimiento	Factores de ponderaciones	Propuestas de Solución			
		Cambios en las funciones de las instalaciones	Cambios en los procesos	Cambios en el uso de recursos	Cambio del Sistema de Distribución Interna
		50,2%	15,5%	21,9%	12,4%
OLT	21,9%	1	1	0	0
Distancias recorridas por vehículos	20,4%	1	1	1	1
Ocupación de la capacidad de vehículos	27,2%	0	0	0	-1
Intervalo de tiempo para la recepción	7,3%	1	1	1	0
Instalaciones	2,2%	-1	0	0	0
Costos asociados	21%	-1	2	1	2
TOTALES	100%	0,133193634	0,142015195	0,106674919	0,043600814
PORCENTAJE DECISIÓN		31,2%	33,4%	25,1%	10,3%

Fuente: Elaboración propia, a partir de método AHP (Berumen et al., 2007).

Finalmente, se puede establecer la aplicación de la o las soluciones que representen de mejor forma los parámetros usados por el administrador de la empresa del caso de estudio y por los criterios del autor basado en lo establecido en los capítulos 2 “Marco Teórico” y 3 “Estado del Arte”, quedando las jerarquías de dichas propuestas establecidas de mayor a menor según el método AHP como se lista a continuación:

- Cambios en los procesos (33,4%).
- Cambios en las funciones de las instalaciones (31,2%).
- Cambios en el uso de los recursos (25,1%).
- Cambio del sistema de distribución interna (10,3).

Para una mejor comprensión de la jerarquización en la Figura 6.2 se aprecia el orden de cada indicador de rendimiento y propuesta de solución, para el cumplimiento del objetivo del presente proyecto, además en él se pueden apreciar las relaciones entre cada parámetro.

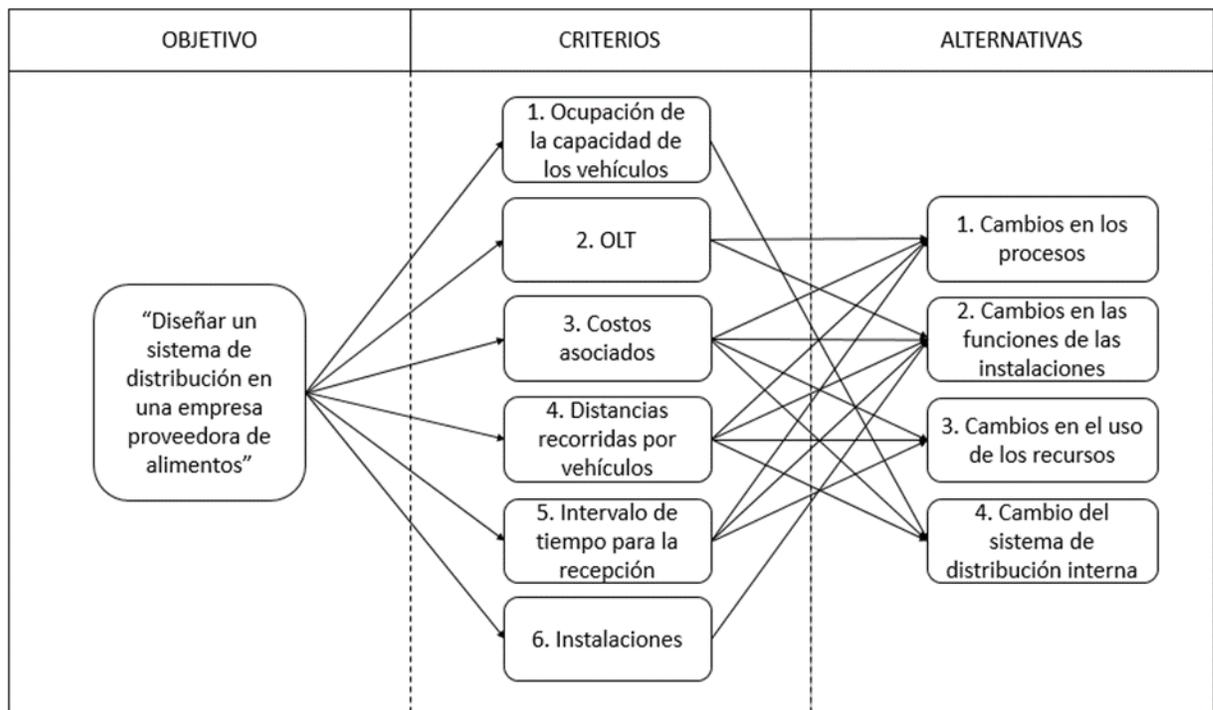


Figura 6.2: Modelo de toma de decisión del proyecto usando método AHP.

Fuente: Elaboración propia a partir de Berumen et al. (2007).

7 Desarrollo de la solución

El análisis realizado en la sección 6.5 “Selección de la alternativa de solución” con el método AHP, en dónde se obtiene que la mejor alternativa es: “Cambios en los procesos” con un factor de ponderación de 0,14 que equivale al 33,4%, esta es seguida por “Cambios en las funciones de las instalaciones” con un factor de 0,13 correspondiente a un 31,2%.

En base a la elección descrita en el párrafo anterior, este proyecto plantea una solución combinada de ambas alternativas, modificando el actual método de distribución y automatizando la asignación de “Sectores de reparto” a los comprobantes de envío.

La mejor alternativa consiste en la incorporación de la base de datos del Anexo N°1 en el *software* que actualmente utiliza la empresa para sus ventas, lo que se traduce en una disminución en los posibles errores de los encargados de incorporar esta información en los comprobantes de envío. Al automatizar estas actividades se reduce también el tiempo perdido en la asignación de la información por los operarios con falta de experiencia.

La alternativa que ocupa el segundo puesto consiste en modificar el método en que la empresa distribuye los productos a los clientes, cambiando el reparto desde el centro de distribución en Peñablanca en la comuna de Villa Alemana al local de ventas más cercano a la dirección señalada por el cliente, debido a su relación con las soluciones al problema de la última milla.

La combinación de las propuestas de solución descritas resumidamente en los párrafos precedentes se realiza aplicando los temas tratados en el capítulo 2 “Marco teórico”. Para esto se desarrolla el cálculo de las distancias que se ahorran al modificar la forma en que la empresa distribuye sus productos, de forma que se cumpla lo previsto en la sección 6.1 “Cambios en las funciones de las instalaciones”, además establecer a priori las capacidades, que deben poseer los locales de venta para mantención de inventarios, también las modificaciones a los sectores o áreas de reparto a clientes. Finalmente, debe verificarse que las afectaciones a los indicadores de rendimiento y datos obtenido del levantamiento en terreno (ver anexos N°2, N°3, N°4 y N°5) sean las adecuadas a los objetivos propuestos.

7.1 Cambio de procesos

La propuesta de solución que incluye los cambios en los procesos hace referencia a la automatización de la asignación de sectores de reparto en los comprobantes de envío, esto requiere la inclusión en el sistema informático de la base de datos con la sectorización del área de influencia de la empresa (ver Anexo N°1), para posteriormente relacionar a cada cliente y su dirección de forma automática con un sector de reparto.

Lo descrito anteriormente es posible materializarlo incluyendo dentro de las opciones en el ingreso de los datos de un comprobante de envío, pestañas de selección con sugerencias de información proporcionada por la base de datos. Además, es posible asignar datos más específicos tales como calles, barrios, entre otros a los “sectores reales”. Un operario puede ingresar la dirección del cliente bajo la información cargada en el sistema, por ejemplo: se solicita un producto a la dirección: “Avenida Brasil 2147, Valparaíso”, se ingresa escribiendo “Brasil” en una casilla y el sistema detecta que existe esa calle en uno o varios lugares, luego todo lo anterior está en uno o varios “sectores reales” y con esa información se asigna un sector de reparto. En la Figura 7.1 se ilustra una aproximación a lo descrito anteriormente.

NOMBRE DE CAMINO, CALLE O AVENIDA	N°	SECTOR REAL	SECTOR DE REPARTO	DIAS DE ENTREGAS
<i>Escriba su búsqueda</i>				
Brasil	2147	PLAN VALPARAISO		
Brasil	2147	PLAN VALPARAISO	SECTOR 01	
Brasil	2147	PLAN VALPARAISO	SECTOR 01	L M M J V S X

Figura 7.1: Ingreso de dirección de entrega en sistema informático modificado.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la empresa.

Los cambios planteados modifican los tiempos de procesamiento, ya que al realizar esta modificación se elimina la revisión manual de los comprobantes de envío por parte de conductores y/o peonetas y el tiempo de ingreso de los datos al comprobante en sí, se reduce debido a que no es necesario un mayor análisis por parte del operario. Esta situación es posible simularla en el *software* Arena, para verificar el escenario descrito. Dicha simulación se realiza en base a datos obtenidos en la empresa descritos en el Capítulo 4 “Situación de distribución actual del Caso de Estudio”.

La simulación en el *software* Arena se realiza, para este caso con los procesos de la etapa de procesamiento de los envíos en su fase documental, considerando por separado las etapas de distribución, vale decir, separación, carga y transporte de productos, debido a que la cantidad de entidades que procesa es constante.

Los procesos de la fase documental se simulan desde el ingreso de los pedidos a la empresa a través de sus tres canales de comercialización hasta que se archivan a la espera de la siguiente jornada. En la Figura 7.2 se aprecia el esquema de simulación inicial.

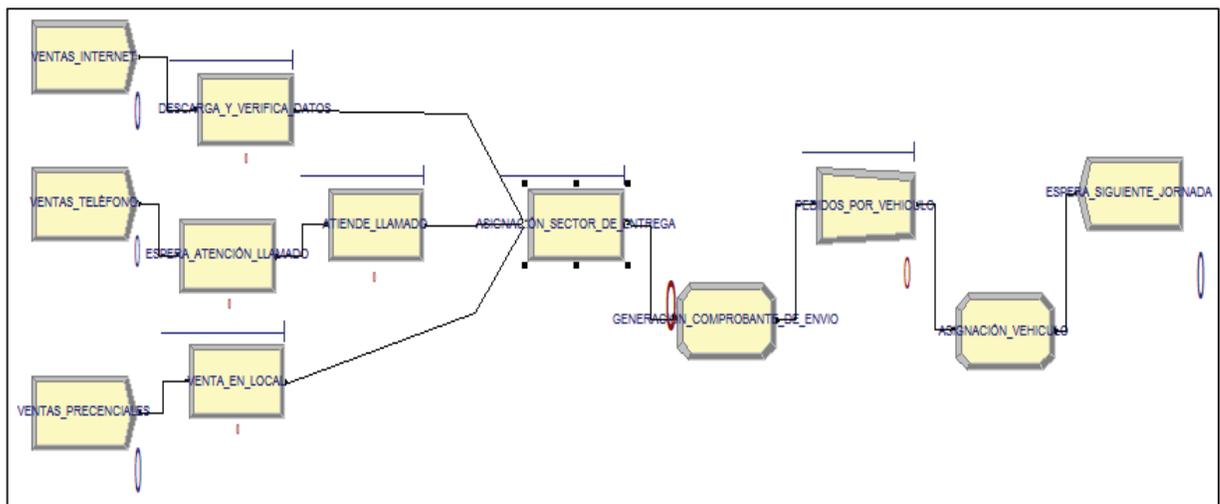


Figura 7.2: Esquema de simulación de procesamiento de pedidos actual en *software* Arena.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la empresa.

Esta simulación arroja una capacidad para procesar dentro de las jornadas de trabajo de 450 pedidos para utilizar los 13 vehículos de distribución a clientes, equivalentes a aproximadamente

32.500 kilogramos de carga, lo que en la implementación de la solución se mantiene, debido a la cantidad limitada de equipos de transporte.

La cantidad de tiempo en que un operador asigna en base a sus conocimientos o una base externa al sistema se reduce al implementar la asignación semiautomatizada de los sectores de reparto a los comprobantes de envío (ver Anexos N°6 y N°7), además se reducen los tiempos en cola de la entidades, la utilización instantánea de los telefonistas y de los administrativos. En promedio se reduce en un minuto el procesamiento de los pedidos para transformarlos en comprobantes de envío.

Respecto a los procesos que se realizan con el propósito de repartir los productos, es decir, las etapas que comprenden desde la llegada de los comprobantes de envío a las unidades de distribución hasta que el vehículo retorna al centro de distribución después de entregar toda su carga, pasando por una revisión de la asignación de los sectores de reparto por parte de conductores y/o peonetas, separación y estiba de productos en dos líneas paralelas, se simulan en el *software* Arena tal como se presenta en la Figura 7.3, sus resultados se contienen en el Anexo N°8.

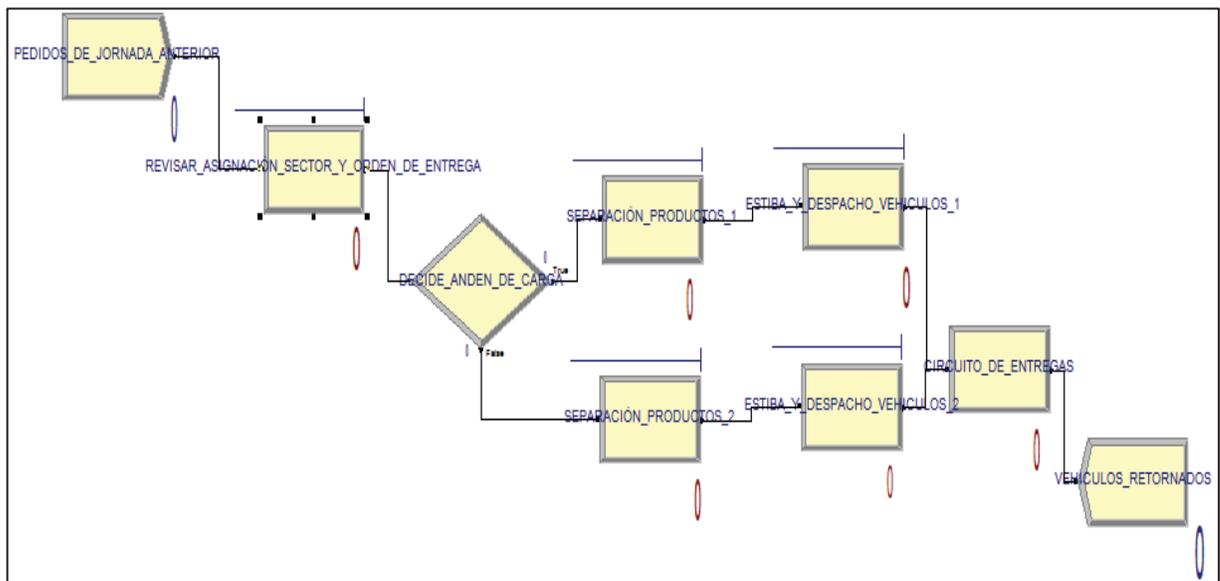


Figura 7.3: Esquema de simulación procesos de distribución actual en *software* Arena.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la empresa.

Los procesos anteriormente descritos se modifican, debido a que es posible eliminar la revisión de los comprobantes de envíos ejecutada por conductores y peonetas al inicio de cada jornada. De esta forma los procesos quedan como se ilustra en la Figura 7.4.

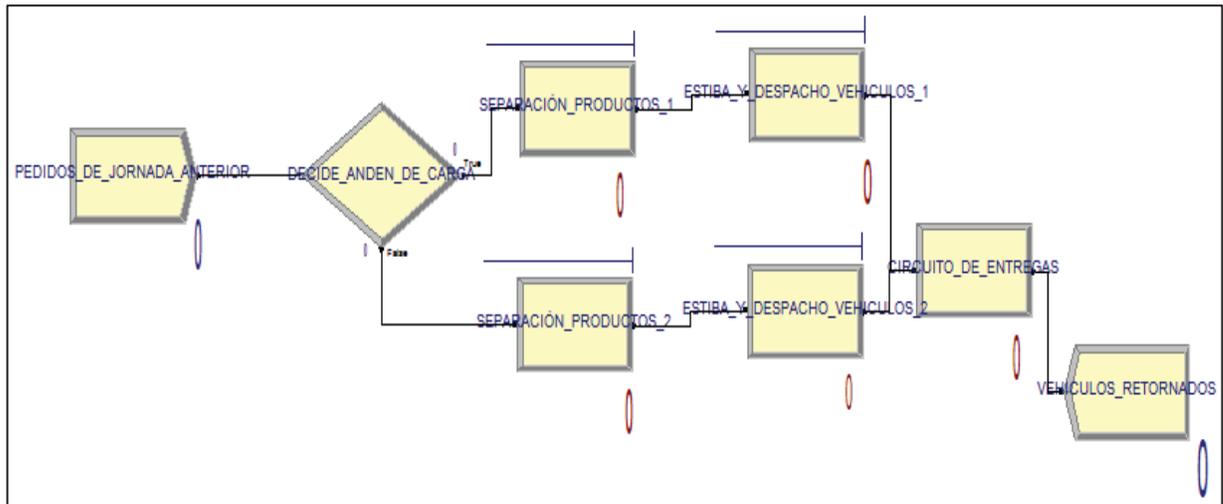


Figura 7.4: Esquema de simulación procesos de distribución modificado en *software* Arena.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la empresa.

Los resultados esta simulación se contienen en el Anexo N°9, en donde es posible notar que se reduce en promedio aproximadamente 9 minutos el procesamiento de pedidos, es decir que el tiempo de ocupación de los vehículos de distribución a clientes pasa de 7,7 a 7,5 horas.

El OLT del sistema de distribución actual del caso de estudio corresponde en promedio a 7,99 horas y con la aplicación de la solución asciende a 7,84 horas, lo que equivale a una reducción de aproximadamente 9 minutos. Cabe mencionar que en esta simulación no se incluye el tiempo de espera después de las operaciones de procesar los pedidos en su fase documental a la siguiente jornada de trabajo que es cuando se realizan las operaciones propias de la distribución, lo que sumaría en ambos casos una espera mínima de 12 horas.

Al agilizar el proceso de asignación de sectores de reparto se pueden reducir las distancias recorridas por los vehículos de distribución a clientes, debido a que disminuyen los posibles errores de identificación que podrían traducirse en la búsqueda física en un sector incorrecto por parte de los tripulantes.

7.2 Cambio de las funciones de las instalaciones

La propuesta que se refiere a cambiar las funciones que poseen las instalaciones de la empresa, supone trasladar las operaciones de distribución a clientes a los locales de venta, para esto, debe mantenerse un buen inventario en cada uno para complementar los servicios, lo que implica un eficiente sistema de distribución interna. Además de todas las acomodaciones para él, o los vehículos de distribución a clientes que tendrán como base el local.

Las áreas de reparto con que cuenta la empresa se modifican, debido a los nuevos orígenes de la carga, donde los locales de venta se encuentran dentro de varias de ellas. En algunos sectores de reparto no existe la presencia de un local, pero debido a la geografía es posible realizar mezclas o divisiones de los actuales. Lo anterior implica la reestructuración o modificación de la base de datos del Anexo N°1 e incluso un eventual estudio sobre la ubicación de instalaciones.

Los beneficios de la aplicación de esta solución implican una reducción en las distancias totales recorridas por la flota de vehículos, debido a que ya no son necesarios los viajes desde el centro de distribución en el sector de Peñablanca a los distintos sectores de reparto, debido a que los vehículos de distribución a clientes tienen su origen en cada uno de los locales de venta. En las Figuras 7.5 y 7.6 se ilustran de forma genérica los recorridos de los vehículos en la situación actual y con la aplicación de la solución respectivamente.

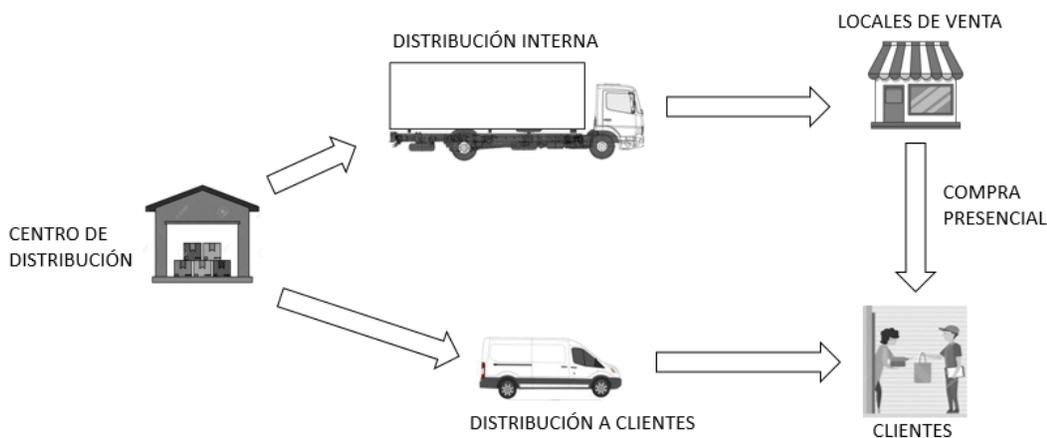


Figura 7.5: Esquemas de recorridos actuales de vehículos.
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos obtenidos en la empresa.

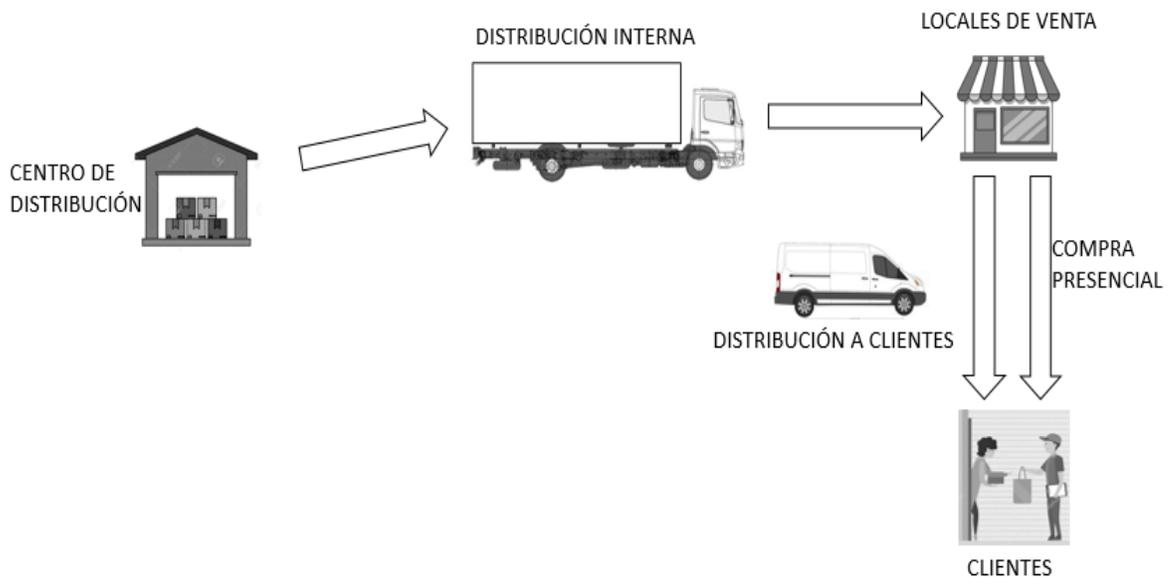


Figura 7.6: Esquema de recorrido de vehículos con cambios en las funciones de las instalaciones.
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos obtenidos en la empresa.

Las distancias ahorradas se contienen en la Tabla 7.1, las que corresponden al recorrido lineal desde el centro de distribución hasta el acceso más cercano del sector de distribución, que usualmente es utilizado por los vehículos en las operaciones actuales, debido a que son los más próximos desde el centro de distribución en el sector de Peñablanca de la comuna de Villa Alemana.

Tabla 7.1: Distancias ahorradas modificando la ubicación de centro de distribución a locales de venta.

Sector de distribución de Fullerton	DA en kilómetros
Sector 01	24,3
Sector 02	17,5
Sector 03	19,6
Sector 04	15,0
Sector 05	5,6
Sector 06	2,3
Sector 07	13,6
Sector 08	13,1
Sector 09	2,2
Sector 10	2,4
Sector 11	15,3
Sector 12	15,6
Sector 13	0

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos obtenidos en *Google Earth* (Google Inc., 2018).

Según lo anterior en el denominado Sector 13, la distancia ahorrada es nula, esto se debe a que el centro de distribución de la empresa se encuentra en él, lo que implica que para tener una certeza en el ahorro de la distancia en este caso se requiere un análisis de localización de instalaciones.

Los datos contenidos en la Tabla 7.1 al sumarse, representan el ahorro de kilómetros recorridos por la flota de vehículos de distribución a clientes en un día con una salida a reparto por sector, desde donde es posible calcular ese indicador de forma semanal, utilizando además la cantidad de circuitos de entrega realizados con el propósito de servir a cada sector de distribución, lo que se realiza según la Ecuación 7.1.

$$DA_{sem} = \sum_{i=Sector\ 01}^{Sector\ 13} RS_i * DA_i \quad (7.1)$$

Donde:

DA_{sem} = Distancias Ahorradas Semanalmente.

DA_i = Distancias Ahorradas por recorrido hacia el Sector “i”.

RS_i = Recorridos Semanales hacia el Sector “i”.

La variable “Recorridos Semanales” corresponde a las salidas con propósitos de distribución efectuadas en hacia cada sector de distribución durante una semana, este dato se extrae del Anexo N°1 y se resumen en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2: Recorridos semanales por sector de distribución.

SD 01	SD 02	SD 03	SD 04	SD 05	SD 06	SD 07	SD 08	SD 09	SD 10	SD 11	SD 12	SD 13
6	6	6	6	7	7	6	6	7	7	6	6	7

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos obtenidos en la empresa.

Con los datos de las Tablas 7.1 y 7.2, es posible realizar el cálculo de las distancias ahorradas semanalmente por la empresa gracias a la Ecuación 7.1, quedando como se expone a continuación en las Ecuación 7.2:

$$\begin{aligned}
 DA_{sem} = & (6 * 24,3KM) + (6 * 17,5KM) + (6 * 19,6KM) + (6 * 15,0KM) + \\
 & (7 * 5,6KM) + (7 * 2,3KM) + (6 * 13,6KM) + (6 * 13,1KM) + (7 * 2,2KM) + \quad (7.2) \\
 & (7 * 2,4KM) + (6 * 15,3KM) + (6 * 15,6KM) + (7 * 0KM) = 982KM
 \end{aligned}$$

El dato obtenido anteriormente se puede relacionar a un mes estándar de cuatro semanas, suponiendo que no existen interrupciones por días feriados, lo que da un resultado de 3.567,9 KM ahorrados y proyectados a un año se obtiene que los vehículos de distribución a clientes dejan de recorrer aproximadamente 42.815 kilómetros en las operaciones.

El ahorro de distancias recorridas se asocia a un menor costo en combustibles calculable según las características técnicas de la flota en uso y de las costumbres de conducción de cada operador, menor desgaste de los equipos, entre otros beneficios para la empresa. Cabe recordar que estas operaciones deben ser complementadas con un sistema de distribución interna, en donde sus vehículos recorren las distancias contenidas en la Tabla 4.1 “Distancias por camino entre instalaciones de Fullerton” en diversas combinaciones.

Las menores distancias recorridas por los vehículos de distribución a clientes se traducen en un menor tiempo de viaje de los productos desde que son despachados desde un recinto de la empresa, es decir se obtiene un menor tiempo de respuesta por parte del sistema de distribución de última milla que opera la empresa, es decir, menor OLT, generando la instancia para acotar el intervalo de tiempo para la recepción de los productos, que puede ser usado para mejorar los niveles de servicio de la empresa.

Además, estas acciones contribuyen a la reducción de las emisiones de gases tóxicos a la atmósfera, producidas por la quema de combustibles fósiles para el funcionamiento de los vehículos, sin tener una merma en su capacidad de distribución.

8 Conclusiones

La distribución de última milla, debido al aumento del consumo a través del uso de las TICs y la búsqueda de los consumidores por un buen servicio, ha tomado un papel casi protagónico en las políticas de administración de la cadena de suministros, ya que representa operaciones logísticamente complejas, que sumado a la escasa profesionalización de las empresas del rubro han hecho que en esta etapa se presenten importantes costos logísticos respecto al total.

En Chile, debido a las características de la mayoría de las empresas dedicadas al transporte de distribución, el problema de la última milla ha provocado que sus costos sean altos, traducidos en la baja eficiencia operacional e incluso a una invisibilidad del problema que se enfrenta.

En definitiva, se detecta que el tipo de empresas encargadas de la distribución persiguen obvios intereses personales, más que el rol que juegan dentro de la cadena de suministro y el beneficio que proporcionan a sus clientes, en cuanto a la calidad y confiabilidad, en donde no es preocupación el nivel de servicio de las entregas, ya que muchos clientes ya habrían comprado.

Con el análisis de la empresa del caso de estudio se infiere que existe un deficiente uso de los recursos, por lo que se sugiere un replanteo por parte de los administradores de esto, para lo cual el proyecto presenta una serie de soluciones a los problemas detectados, de los que se espera una disminución en los costos de las operaciones de la organización, usando los lineamientos de las tendencias mundiales concernientes a la distribución de última milla.

Se plantean cuatro propuestas de solución, que se analizan desde el punto de vista del autor y del dueño de la empresa, en donde se resuelve por la solución más adecuada a ambas perspectivas, lo que implica un mejor ajuste y aceptación por ambas partes.

Respecto a las propuestas de solución de mayor prioridad en base al Método AHP se establece en base a la simulación que los impactos de estas en la situación actual tienden a reducir tiempos referentes a los indicadores OLT e Intervalo de tiempo para la recepción y las distancias recorridas por los vehículos.

La implementación de la propuesta “Cambios en los procesos” implica la automatización de las tareas de asignación de los sectores de distribución definidos por la empresa, lo que permite reducir el OLT en una primera instancia en 9 minutos, que de mantener políticas administrativas en favor de las tendencias actuales en el comercio pueden permitir que esta reducción se amplíe, traduciéndose en un mejor nivel de servicio y una mejor competitividad, para hacer frente a los nuevos competidores.

La implementación de la propuesta “Cambios en las funciones de las instalaciones” requiere la existencia de un eficiente sistema de abastecimiento de locales de venta, además de la inversión en infraestructura para el almacenamiento de productos y equipos de transporte. Esta propuesta también implica una reestructuración general del grupo de empresas Fullerton y la administración de sus recursos humanos. Todo para generar un menor OLT y reducir el Intervalo de tiempo para la recepción, que permite una mejor aceptación por potenciales clientes.

La reducción de distancias recorridas por los vehículos en aproximadamente 42.815 kilómetros anuales, una distancia similar a más de una vuelta al planeta Tierra por la línea del Ecuador (Google Inc., 2018), que representa una disminución en el costo del combustibles calculable según las características técnicas de la flota en uso, sumado a la reducción en las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera, como también sacar de las calle del sector de Peñablanca en la comuna de Villa Alemana de más de 10 camiones en el día.

El proyecto deja la instancia para la creación de trabajos futuros, relacionados a temas no desarrollados, tales como: gestión de proveedores, de productos y clientes para establecer un control sobre la cadena de suministro de la empresa, permite además realizar un estudio de la demanda, para establecer los productos más comercializados y la ubicación de los compradores, lo que permite la realización de análisis sobre el tipo y capacidad de los vehículos para usar en la operación y reestructuración de los sectores de distribución usados por la empresa actualmente, además de un estudio sobre la localización de las instalaciones, entre otros, dando un respaldo a lo logrado en este proyecto, estableciendo la incorporación de estos análisis en otras empresas participantes en la distribución de última milla.

Bibliografía

- Adarme et al, J. (2014). Comportamientos logísticos en la distribución de última milla de productos alimenticios en Villavicencio, Colombia. *Revista EIA*, 145-156.
- Anino, C. (2017). Retail y comercio electrónico: Los desafíos de la última milla. *Revista Capital*.
- Baeza, E. (2017). Apuntes Clases de Transporte Carretero de la Escuela de Ingeniería de Transporte PUCV. Valparaíso, Chile.
- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministros. Quinta Edición*. México: Pearson Educación.
- Barcos et al. (2002). Algoritmo basado en la optimización mediante colonias de hormigas para la resolución del problema del transporte de carga desde varios orígenes a varios destinos. *V Congreso de Ingeniería del Transporte* (págs. 709-717). Santander: Universidad de Cantabria.
- Bearzotti, L., & Vega, M. (2019). *Programa del Curso*. Valparaíso, Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Belloch, C. (2013). *Las Tecnologías de la Información y Comunicación (T.I.C.)*. Valencia, España: Universidad de Valencia.
- Bent et al. (2011). *Vehicle Routing for the Last Mile of Power System Restoration*. Los Alamos National Laboratory.
- Berumen et al. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el ahp) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de Administración*, 65-87.
- Carro, R., & González, D. (2012). *Localización de Instalaciones*. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.

Centro de estudios de la economía digital CCS. (2016). *La economía digital en Chile*. Santiago: Cámara de Comercio de Santiago.

Fernández, T. G. (10 de julio de 2014). Obtenido de Blogspot Transporte y Distribución: <http://transporteydistribucion1.blogspot.com/2014/07/distribucion-capilar.html>

Flores et al. (2012). *Diseño de Redes de Logística Inversa: Una revisión del Estado del Arte y Aplicación Práctica*. Bogotá: Universidad Tecnológica de Pereira.

Garrido, R. (2001). *Modelación de Sistemas de Distribución de Carga*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Giordano, M. (2016). La última milla en la Cadena de Suministros. *MeetLogistics*, <https://meetlogistics.com/operadorlogistico-transporte/la-ultima-milla-la-cadena-suministros/>. Obtenido de <https://meetlogistics.com/operadorlogistico-transporte/la-ultima-milla-la-cadena-suministros/>

Gómez et al. (2011). Análisis del Transporte y Distribución de materiales de construcción utilizando simulación discreta en 3D. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 39-51.

Google Inc. (2018). Google Earth.

Google Inc. (2019). Google Maps.

Hornigren et al, C. (2007). *Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial. Decimosegunda Edición, versión en español*. México: Pearson Educación.

Islas et al, M. (2003). *Tercerización del Transporte en el contexto de la Cadena de Suministros*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Instituto Mexicano del Transporte.

ITS America. (2019). *ITS America*. Obtenido de Intelligent Transportation Systems America Web Site: <https://www.itsa.org>

- Kotler, P. (1991). *Gerencia de comercialización*. Prentice-Pasillo.
- López et al. (2008). Modelo matemático de transporte aplicado a una compañía dedicada a la manufactura y distribución de juguetes, usando programación lineal entera. *Revista Ingeniería Industrial*, 65-72.
- Mentzer et al. (2001). Defining Supply Chain Management, *Journal of Business Logistics*.
- Ministerio de Economía Fomento y Turismo, G. d. (2017). *Informe de resultados: Cuarta Encuesta Longitudinal de Empresas*. Santiago de Chile.
- MTT, M. d. (2015). *Observatorio Logístico*. Obtenido de Sitio Web del Observatorio Logístico: <https://www.observatoriologistico.cl/perfiles/transporte-carretero-de-carga/>
- ONU, C. E. (2012). *Guía de implementación de la facilitación del comercio*. Obtenido de Guía de implementación de la facilitación del comercio Web Site: <http://tfig.unece.org/SP/about.html>
- Parmenter, D. (2007). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. New Jersey, United States of America: John Wiley & Sons.
- Peirano, F., & Suárez, D. (2006). TICs y Empresas: Propuestas conceptuales para la generación de indicadores para la sociedad de la Información. *Revista de Gestión de Tecnología y Sistemas de Información*, 123-142.
- Pineda, S. (2015). *El reto logístico de la última milla: Revista EMPRESARIAL & LABORAL*. Obtenido de Revista EMPRESARIAL & LABORAL: <https://revistaempresarial.com/pymes/el-reto-logistico-de-la-ultima-milla/>
- Potenze, P. (13 de diciembre de 2013). *Gaceta Aeronáutica*. Obtenido de Gaceta Aeronáutica Web Site: <https://www.gacetaaeronautica.com/gaceta/wp-101/?p=4523>
- RAE, R. A. (2018). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de Asociación de Academias de la Lengua Española: <https://www.dle.rae.es>

- Ramírez, J. (2009). *Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas*. Xalapa-Enriquez, México: Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas.
- Ramos, J. (2013). *Diseño de una red de centros de distribución para una cadena de supermercados*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Rockwell Automation Technologies Inc. (2018). Software Arena.
- Romero et al. (2017). Modelo de aproximación lineal para la medición de resiliencia en cadenas de suministro. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 180-189.
- Saaty, T. (2008). Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 102-251.
- Sainz, J. M. (2001). *La distribución comercial: opciones estratégicas*. Madrid, España: ESIC Editorial.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Penguin Random House Grupo Editorial España.
- Segovia, B. (2015). *Estrategias para la Gestión Logística en una Empresa de Distribución*. Valparaíso, Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Singer, M. (2013). *Una Práctica Teoría de la Optimización Lineal. Datos, Modelos y Decisiones*. Santiago, Chile: Ediciones Univesidad Católica de Chile.
- Song et al, L. (2009). Addressing the Last Mile Problem: Transport Impacts of Collection and Delivery Points. *Sage Journals*, 9-18.
- Soret, I. (2004). *Logística Comercial y Empresarial*. Madrid, España: ESIC Editorial.

Wang et al, X. (2014). *Hindawi. Mathematical Problems in Engineering*. Obtenido de Hindwi Web Site: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2014/417129/abs/>

WebFinance Inc. (2019). *Business Dictionary*. Obtenido de Business Dictionary: <http://www.businessdictionary.com/definition/logistics.html>

West, A. (1991). *Gestión de la Distribución Comercial*. Madrid, España: Diaz de Santos S.A.

Zhou et al. (2018). A Multi-Depot Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Delivery Options Arising in the Last Mile Distribution. *European Journal of Operational Research*, 765-778.

ANEXOS

Anexo N°1 - Sectores de distribución de Empresa Fullerton

En las siguientes tablas se presenta la información referente al detalle de los sectores de distribución a clientes, utilizado por la Empresa Fullerton. Las columnas denominadas “Sectores Reales” contienen a las ubicaciones geográficas denominadas por la población, con las que es posible relacionar las direcciones de los clientes.

Las columnas denominadas “Sectores Fullerton” corresponden las divisiones hechas por la empresa para realizar la distribución. En cada tabla se indica con un número las veces en que un vehículo es despachado a dicha ubicación en los días de la semana: lunes (LU), martes (MA), miércoles (MI), jueves (JU), viernes (VI), sábado (SA) y domingo (DO), siendo “-” en donde no se realizan entregas, “1” y “2” existen uno o dos despacho diarios respectivamente.

Tabla A1.A: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (1/6).

SECTOR REAL	SECTOR FULLERTON	RUTAS DIARIAS						
		LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
CERRO ALEGRE	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO ARRAYAN	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO ARTILLERIA	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO BELLAVISTA	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO CARCEL	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO CHAPARRO	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO CONCEPCION	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO CORDILLERA	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO EL LITRE	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO FLORIDA	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO JIMENEZ	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO LA CRUZ	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO LA LOMA	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO LA VIRGEN	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO LAS CAÑAS	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO LAS PERDICES	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

Tabla A1.B: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (2/6).

SECTOR REAL	SECTOR FULLERTON	RUTAS DIARIAS						
		LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
CERRO MARIPOSAS	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO MERCED	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO MESILLA	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO MIRAFLORES	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO PAJONAL	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO PANTEON	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO SAN FRANCISCO	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO SAN JUAN DE DIOS	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO SANTO DOMINGO	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO TORO	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CERRO YUNGAY	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
LAGUNA VERDE	SECTOR 01	-	1	-	-	1	-	-
PLAN VALPARAISO	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
PLAYA ANCHA	SECTOR 01	1	1	1	1	1	1	-
CAMPICHE	SECTOR 02	-	1	-	-	1	-	-
CHOCOTA	SECTOR 02	-	1	-	-	1	-	-
COLMO	SECTOR 02	1	1	1	1	1	1	-
CONCON	SECTOR 02	1	1	1	1	1	1	-
FUERTE AGUAYO	SECTOR 02	1	1	1	1	1	1	-
HORCON	SECTOR 02	-	1	-	-	1	-	-
LA GREDA	SECTOR 02	-	1	-	-	1	-	-
LONCURA	SECTOR 02	1	1	1	1	1	1	-
MAITENCILLO	SECTOR 02	-	1	-	-	1	-	-
MANTAGUA	SECTOR 02	1	1	1	1	1	1	-
PUCHUNCAVI	SECTOR 02	-	1	-	-	1	-	-
QUINTERO	SECTOR 02	1	1	1	1	1	1	-
TABOLANGO	SECTOR 02	1	1	1	1	1	1	-
VALLE ALEGRE	SECTOR 02	1	1	1	1	1	1	-
VENTANAS	SECTOR 02	-	1	-	-	1	-	-
CERRO BARON	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO CASTILLO	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO DELICIAS	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO ESPERANZA	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO LARRAIN	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

Tabla A1.C: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (3/6).

SECTOR REAL	SECTOR FULLERTON	RUTAS DIARIAS						
		LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
CERRO LOS LECHEROS	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO LOS PLACERES	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO MOLINOS	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO OHIGGINS	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO POLANCO	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO RAMADITAS	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO ROCUANT	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO RODRIGUEZ	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO SAN ROQUE	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
CERRO SANTA ELENA	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
PORTALES	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
RECREO	SECTOR 03	1	1	1	1	1	1	-
GLORIAS NAVALES	SECTOR 04	1	1	1	1	1	1	-
LAJARILLAS	SECTOR 04	1	1	1	1	1	1	-
MIRADOR REÑACA	SECTOR 04	1	1	1	1	1	1	-
REÑACA ALTO	SECTOR 04	1	1	1	1	1	1	-
SANTA JULIA	SECTOR 04	1	1	1	1	1	1	-
ALMIRANTE GRAU	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
BELLOTO 2000	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
CALLE MARGA MARGA	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
CASTILLO BLANCO	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
COLINAS DE ORO	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
CRUZ DE LORENA	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
ESPERANZA	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
LOS PINOS	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION ARGENTINA(DESDA 700)	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION LAS ROSAS	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION SOL DEL PACIFICO	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION TRANQUE	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
POMPEYA NORTE	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
POMPEYA SUR	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
TENIENTE SERRANO	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
VALENCIA ALTO	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
VILLA OLIMPICA	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

Tabla A1.D: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (4/6).

SECTOR REAL	SECTOR FULLERTON	RUTAS DIARIAS						
		LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
VILLA PORVENIR	SECTOR 05	1	1	1	1	2	1	-
BELLOTO NORTE	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
CAJON DE LEBU	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
EL OASIS	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
EL SOL	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
LAS AMERICAS	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
PEÑABLANCA NORTE	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION VALDIVIA	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
RETIRO	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
VILLA ALEMANA NORTE	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
ZOOLOGICO DE QUILPUE	SECTOR 06	1	1	1	1	2	1	-
CANAL BEAGLE	SECTOR 07	1	1	1	1	1	1	-
EL OLIVAR	SECTOR 07	1	1	1	1	1	1	-
MIRAFLORES ALTO	SECTOR 07	1	1	1	1	1	1	-
VILLA DULCE	SECTOR 07	1	1	1	1	1	1	-
VILLA INDEPENDENCIA	SECTOR 07	1	1	1	1	1	1	-
CHORRILLOS	SECTOR 08	1	1	1	1	1	1	-
EL SALTO	SECTOR 08	1	1	1	1	1	1	-
FORESTAL	SECTOR 08	1	1	1	1	1	1	-
BELLOTO SUR	SECTOR 09	1	1	1	1	2	1	-
COLIGUE	SECTOR 09	-	1	-	1	-	1	-
COLLIGUAY	SECTOR 09	-	1	-	1	-	1	-
HUANHUALI	SECTOR 09	1	1	1	1	2	1	-
LA RETUCA	SECTOR 09	-	1	-	1	-	1	-
LO MOSCOSO	SECTOR 09	-	1	-	1	-	1	-
LO OROZCO	SECTOR 09	-	1	-	1	-	1	-
LOS MOLLES	SECTOR 09	-	1	-	1	-	1	-
LOS PERALES	SECTOR 09	-	1	-	1	-	1	-
LOS QUILLAYES	SECTOR 09	-	1	-	1	-	1	-
TRANQUE RECREO	SECTOR 09	1	1	1	1	2	1	-
TRONCOS VIEJOS	SECTOR 09	1	1	1	1	2	1	-
VILLA ALEMANA SUR	SECTOR 09	1	1	1	1	2	1	-
CANAL CHACAO	SECTOR 10	1	1	1	1	2	1	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

Tabla A1.E: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (5/6).

SECTOR REAL	SECTOR FULLERTON	RUTAS DIARIAS						
		LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
PASO HONDO	SECTOR 10	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION ARGENTINA (HASTA 697)	SECTOR 10	1	1	1	1	2	1	-
QUILPUE CENTRO	SECTOR 10	1	1	1	1	2	1	-
VILLA HERMOSA	SECTOR 10	1	1	1	1	2	1	-
VILLA ALEMANA CENTRO	SECTOR 10	1	1	1	1	2	1	-
ACHUPALLAS	SECTOR 11	1	1	1	1	1	1	-
GOMEZ CARREÑO	SECTOR 11	1	1	1	1	1	1	-
REÑACA BAJO	SECTOR 11	1	1	1	1	1	1	-
AGUA SANTA	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
CURAUMA	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
GREGORIO MARAÑON	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
LAS SALINAS	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
LIMONARES	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
MIRAFLORES BAJO	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
NUEVA AURORA	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
NUEVA GRANADILLA	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
PLACILLA	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
POBLACION VERGARA	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
SANTA INES	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
SAUSALITO	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
TRASLAVIÑA	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
VILLA ESPERANZA	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
VILLA MONTE	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
VIÑA DEL MAR CENTRO	SECTOR 12	1	1	1	1	1	1	-
EL MELON	SECTOR 13	-	1	-	1	-	-	-
EL PEUMO	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
GUMERCINDO	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
LA CALERA	SECTOR 13	-	1	-	1	-	-	-
LA CRUZ	SECTOR 13	-	1	-	1	-	-	-
LIMACHE	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
NOGALES	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
PALMILLA ALTA	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
PALMILLA BAJA	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno.

Tabla A1.F: Sectores de distribución de Empresa Fullerton (6/6).

SECTOR REAL	SECTOR FULLERTON	RUTAS DIARIAS						
		LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
PEÑABLANCA	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION PALERMO	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION PEDRO AGURRE CERDA	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION PRAT	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
POBLACION WILSON	SECTOR 13	1	1	1	1	2	1	-
QUILLOTA	SECTOR 13	-	1	-	1	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

La información contenida en este anexo fue recopilada en la empresa, en base a testimonios de sus dueños y trabajadores, durante los meses de marzo y abril del año 2019.

Anexo N°2 - Entregas diarias por camión

En la siguiente tabla se presentan los datos referentes a las entregas diarias por sector, los que fueron recopilados en dos semanas de trabajo de la empresa, es decir, 12 días de calendario.

Tabla A2.A: Muestra de la cantidad de entregas diarias por sector de reparto.

ENTREGAS DIARIAS													
	SECTOR 01	SECTOR 02	SECTOR 03	SECTOR 04	SECTOR 05	SECTOR 06	SECTOR 07	SECTOR 08	SECTOR 09	SECTOR 10	SECTOR 11	SECTOR 12	SECTOR 13
DIA 01	22	32	34	58	16	49	30	45	32	21	30	20	32
DIA 02	34	32	34	62	20	39	30	33	32	36	24	32	32
DIA 03	34	20	34	40	34	37	30	31	32	21	30	38	22
DIA 04	22	15	34	54	21	32	30	37	30	19	30	38	14
DIA 05	28	32	34	40	43	27	30	45	32	40	30	41	14
DIA 06	30	32	34	44	34	18	30	25	32	40	30	45	32
DIA 07	34	23	34	40	20	23	30	39	32	29	30	18	32
DIA 08	34	30	27	40	52	55	15	45	32	27	28	37	31
DIA 09	34	31	34	48	24	45	30	24	32	32	30	45	32
DIA 10	26	32	29	63	49	39	30	39	32	23	30	45	30
DIA 11	34	15	21	40	45	29	30	15	32	40	30	35	32
DIA 12	34	32	34	40	42	43	30	45	20	29	15	38	32

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

Los datos obtenidos y contenidos en la tabla anterior arrojan un promedio de 33 entregas o pedidos por cada sector de reparto, con una desviación estándar de 9, un mínimo de 14 y máximo de 63 entregas.

Anexo N°3 - Tiempo de estiba y despacho

La tabla siguiente contiene una muestra de los tiempos en minutos de estiba y despacho de camiones durante dos semana de trabajo de la empresa del caso de estudio según mediciones hechas en terreno.

Tabla A3.A: Muestra de tiempos de estiba y despacho de vehículos de reparto a clientes.

TIEMPO DE ESTIBA Y DESPACHO													
MINUTOS	SECTOR 01	SECTOR 02	SECTOR 03	SECTOR 04	SECTOR 05	SECTOR 06	SECTOR 07	SECTOR 08	SECTOR 09	SECTOR 10	SECTOR 11	SECTOR 12	SECTOR 13
DIA 01	9	19	21	24	21	17	19	19	20	22	17	18	20
DIA 02	19	20	12	24	16	10	18	10	20	24	16	18	15
DIA 03	21	10	17	24	18	33	19	10	20	23	19	20	20
DIA 04	19	20	21	24	25	30	19	23	12	9	19	27	20
DIA 05	17	20	18	36	14	19	17	27	20	21	16	23	20
DIA 06	21	16	21	24	16	23	17	21	20	24	19	23	14
DIA 07	16	20	21	24	10	26	19	22	14	18	19	19	20
DIA 08	13	10	9	24	26	25	10	19	20	19	19	26	18
DIA 09	20	20	17	24	31	19	19	23	20	13	19	27	20
DIA 10	13	17	21	24	20	21	17	27	18	11	19	27	10
DIA 11	20	20	18	24	29	18	10	27	8	24	17	15	19
DIA 12	14	14	9	25	27	21	19	18	20	24	17	27	20

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

De los datos anteriores se extrae que en promedio se tardan 19 minutos por camión con una desviación estándar de 5, un mínimo de 8 y un máximo de 36 minutos, en donde cada dato depende de la cantidad de pedidos. Es posible destacar que las actividades de preparación de cada pedido, es decir su extracción de bodega tarda 30 segundos y la carga 5 segundos al ser una actividad manual y luego el vehículo no tarda más de un minuto en salir del lugar.

Anexo N°4 - Tiempo de atención individual en entrega

La entrega efectiva o atención individual corresponde a la actividades que se realizan en el domicilio del cliente o la ubicación señalada para la entrega, que tienen el propósito de hacer el traspaso físico de la carga.

En la siguiente tabla se presenta una muestra de datos obtenido en terreno, correspondientes al tiempo en minutos que tardaron en realizar efectivamente 13 entregas en el Sector 11 de la empresa, que contiene a los sectores reales de: Achupallas, Gómez Carreño y Reñaca Bajo.

Tabla A4.A: Muestra de atención en entregas por cliente.

TIEMPO ATENCIÓN CLIENTES EN ENTREGA	
MINUTOS	SECTOR 11
ENTREGA 01	9
ENTREGA 02	11
ENTREGA 03	2
ENTREGA 04	11
ENTREGA 05	6
ENTREGA 06	2
ENTREGA 07	3
ENTREGA 08	1
ENTREGA 09	16
ENTREGA 10	8
ENTREGA 11	5
ENTREGA 12	6
ENTREGA 13	8

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

Los tiempos anteriormente mencionados pueden variar por muchas razones, entre las que es posible mencionar: tipo y cantidad de productos, tipo de cliente, características geográficas del lugar, disposición de los accesos, entre otros.

De los datos contenidos en la tabla anterior es posible concluir que se tiene un promedio de 7 minutos y los datos se encuentran entre 1 y 16, con una desviación estándar de 4 unidades.

Anexo N°5 - Tiempo de circuito de entregas por vehículo

En la siguiente tabla se presentan datos de una muestra correspondiente a los tiempos en horas que tardan los vehículos de distribución a clientes en realizar un circuito de reparto. Se comienza el conteo desde que el vehículo sale del centro de distribución hasta que vuelve después de haber recorrido todas las direcciones en donde se solicitaron productos. Los datos fueron realizados durante 12 días de trabajo de la empresa.

Tabla A5.A: Muestra de tiempos de circuito de reparto por sector de entregas.

TIEMPO DE CICLO DE ENTREGAS POR VEHÍCULO													
HORAS	SECTOR 01	SECTOR 02	SECTOR 03	SECTOR 04	SECTOR 05	SECTOR 06	SECTOR 07	SECTOR 08	SECTOR 09	SECTOR 10	SECTOR 11	SECTOR 12	SECTOR 13
DIA 01	5	7	5	4	6	6	6	7	5	4	6	4	6
DIA 02	8	6	4	7	3	3	8	3	8	3	4	3	6
DIA 03	5	7	9	7	7	6	7	3	8	5	5	7	7
DIA 04	4	7	4	4	5	6	8	5	8	7	5	5	8
DIA 05	9	5	7	4	4	7	6	7	4	3	6	2	8
DIA 06	4	5	3	7	5	4	4	7	5	4	7	4	6
DIA 07	3	8	6	6	8	6	4	5	5	6	6	5	3
DIA 08	7	5	9	6	6	6	8	4	7	8	6	7	4
DIA 09	4	7	8	6	8	3	9	8	8	7	5	8	7
DIA 10	6	8	8	6	5	8	3	7	6	4	8	6	6
DIA 11	4	6	6	7	8	7	7	8	8	6	7	7	6
DIA 12	7	9	6	7	8	5	3	5	8	6	5	6	6

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno en 2019.

De los datos anteriores es posible extraer que en promedio tardan 6 horas en realizar los circuitos de reparto, con un mínimo de 2 y máximo de 9 horas con una desviación estándar de 2. Estos tiempos, si bien dependen de las distancias recorridas y de las cantidades de pedidos en el sector, se observa que muchos de ellos son manipulados por los conductores y peonetas por las situaciones descritas en el Capítulo 4: “Situación de distribución actual del caso de estudio”.

Anexo N°6 – Reporte de simulación en Arena del procesamiento de pedidos

PROCESOS FULLERTON

Replications: 1 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

System Average
Number Out 13

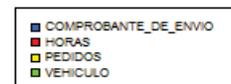
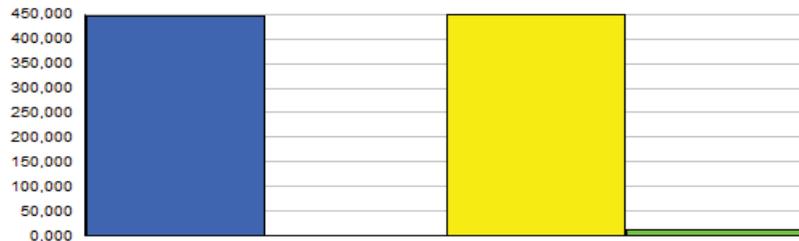
Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	75.0974	(Insufficient)	69.2062	81.3133
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	286.46	(Insufficient)	214.21	383.54
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	19.6023	(Insufficient)	14.9332	25.0659

Other

Number In	Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	447.00
HORAS	0.00
PEDIDOS	450.00
VEHICULO	13.0000



Entity

Other

Number Out	Value			
COMPROBANTE_DE_ENVIO	429.00			
HORAS	0.00			
PEDIDOS	447.00			
VEHICULO	13.0000			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	5.0690	(Correlated)	0.00	33.0000
HORAS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEDIDOS	1.6152	(Correlated)	0.00	17.0000
VEHICULO	0.00		0.00	1.0000

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADMINISTRATIVO	0.01666667	(Insufficient)	0.00	1.0000
CAJERO	0.01450364	(Insufficient)	0.00	0.3000
CONDUCTOR	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEONETA	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
TELEFONISTA	0.2013	(Correlated)	0.00	1.0000
VEHICULOS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADMINISTRATIVO	0.01666667	(Insufficient)	0.00	1.0000
CAJERO	0.1450	(Insufficient)	0.00	3.0000
CONDUCTOR	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEONETA	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
TELEFONISTA	1.0067	(Correlated)	0.00	5.0000
VEHICULOS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADMINISTRATIVO	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
CAJERO	10.0000	(Insufficient)	10.0000	10.0000
CONDUCTOR	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000
PEONETA	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000
TELEFONISTA	5.0000	(Insufficient)	5.0000	5.0000
VEHICULOS	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ASIGNACIÓN_SECTOR_DE_EN TREGA.Queue	0.1862	(Correlated)	0.00	1.8872
ATIENDE_LLAMADO.Queue	0.1582	0,116809326	0.00	2.2062
DESCARGA_Y_VERIFICA_DAT OS.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEDIDOS_POR_VEHICULO.Queue	8.3415	1,35724	0.00	22.7368
VENTA_EN_LOCAL.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

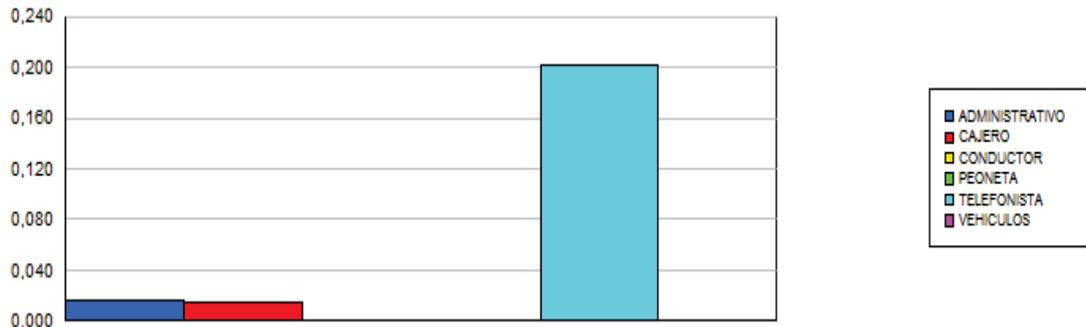
Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ASIGNACIÓN_SECTOR_DE_EN TREGA.Queue	0.1156	(Insufficient)	0.00	7.0000
ATIENDE_LLAMADO.Queue	0.08702329	(Insufficient)	0.00	7.0000
DESCARGA_Y_VERIFICA_DAT OS.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEDIDOS_POR_VEHICULO.Queue	5.0690	(Correlated)	0.00	33.0000
VENTA_EN_LOCAL.Queue	0.00		0.00	0.00

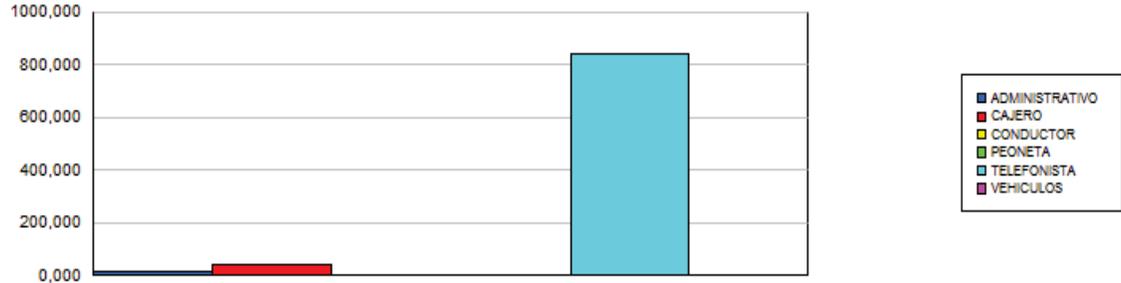
Resource

Usage

Scheduled Utilization	Value
ADMINISTRATIVO	0.01666667
CAJERO	0.01450364
CONDUCTOR	0.00
PEONETA	0.00
TELEFONISTA	0.2013
VEHICULOS	0.00



Total Number Seized	Value
ADMINISTRATIVO	12.0000
CAJERO	41.0000
CONDUCTOR	0.00
PEONETA	0.00
TELEFONISTA	843.00
VEHICULOS	0.00



Anexo N°7 – Reporte de simulación en Arena de procesos de pedidos con cambios

PROCESOS FULLERTON

Replications: 1 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

System Number Out Average 13

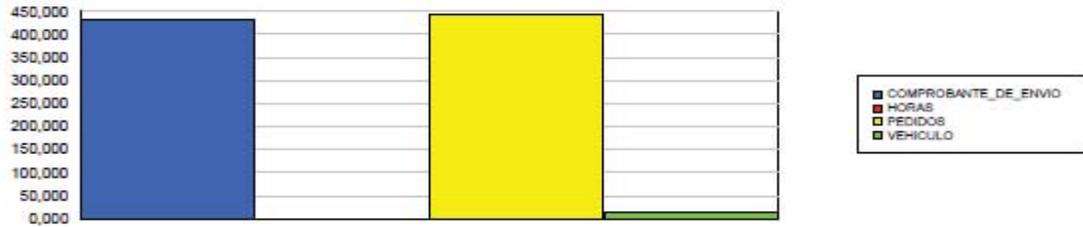
Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	71.7554	(Insufficient)	68.3166	75.2513
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	287.96	(Insufficient)	225.82	366.07
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	19.4827	(Insufficient)	15.2360	23.9650

Other

Number In	Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	433.00
HORAS	0.00
PEDIDOS	444.00
VEHICULO	13.0000



Entity

Other

Number Out	Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	429.00
HORAS	0.00
PEDIDOS	433.00
VEHICULO	13.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	5.1056	(Correlated)	0.00	33.0000
HORAS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEDIDOS	1.4425	(Correlated)	0.00	14.0000
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	1.0000

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ASIGNACIÓN_SECTOR_DE_ENTREGA.Queue	0.1120	(Correlated)	0.00	2.0371
ATIENDE_LLAMADO.Queue	0.08726563	(Correlated)	0.00	1.8362
DESCARGA_Y_VERIFICACION.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEDIDOS_POR_VEHICULO.Queue	8.5448	(Correlated)	0.00	22.0608
VENTA_EN_LOCAL.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ASIGNACIÓN_SECTOR_DE_ENTREGA.Queue	0.06838830	(Insufficient)	0.00	6.0000
ATIENDE_LLAMADO.Queue	0.04909670	(Insufficient)	0.00	6.0000
DESCARGA_Y_VERIFICACION.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEDIDOS_POR_VEHICULO.Queue	5.1056	(Correlated)	0.00	33.0000
VENTA_EN_LOCAL.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Resource

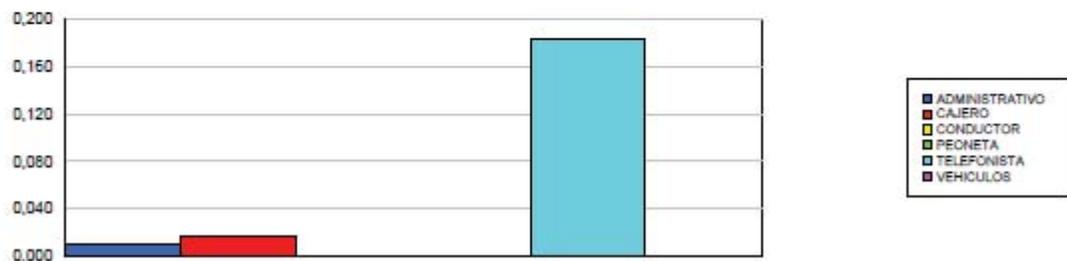
Usage

Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADMINISTRATIVO	0.00972222	(Insufficient)	0.00	1.0000
CAJERO	0.01611105	(Insufficient)	0.00	0.3000
CONDUCTOR	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEONETA	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
TELEFONISTA	0.1829	(Correlated)	0.00	1.0000
VEHICULOS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

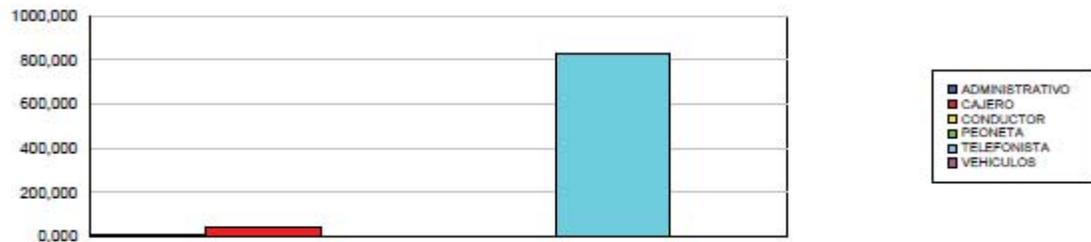
Number Busy				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADMINISTRATIVO	0.00972222	(Insufficient)	0.00	1.0000
CAJERO	0.1611	(Insufficient)	0.00	3.0000
CONDUCTOR	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEONETA	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
TELEFONISTA	0.9147	(Correlated)	0.00	5.0000
VEHICULOS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Number Scheduled				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADMINISTRATIVO	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
CAJERO	10.0000	(Insufficient)	10.0000	10.0000
CONDUCTOR	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000
PEONETA	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000
TELEFONISTA	5.0000	(Insufficient)	5.0000	5.0000
VEHICULOS	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000

Scheduled Utilization	
	Value
ADMINISTRATIVO	0.00972222
CAJERO	0.01611105
CONDUCTOR	0.00
PEONETA	0.00
TELEFONISTA	0.1829
VEHICULOS	0.00



Total Number Seized	Value
ADMINISTRATIVO	7.0000
CAJERO	42.0000
CONDUCTOR	0.00
PEONETA	0.00
TELEFONISTA	825.00
VEHICULOS	0.00



Anexo N°8 – Reporte de simulación en Arena de procesos de distribución actuales

PROCESOS FULLERTON

Replications: 1 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System Average
Number Out 13

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	6.5633	(Insufficient)	4.4000	8.8678
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	1.1009	(Insufficient)	0.00	2.2339
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	7.6641	(Insufficient)	4.4000	11.1017

Other

Number In	Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	0.00
HORAS	0.00
PEDIDOS	0.00
VEHICULO	13.0000



Entity

Other

Number Out	Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	0.00
HORAS	0.00
PEDIDOS	0.00
VEHICULO	13.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
HORAS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEDIDOS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
VEHICULO	4.1514	(Insufficient)	0.00	13.0000

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ESTIBA_Y_DESPACHO_VEHICULOS_1.Queue	0.00392871	(Insufficient)	0.00	0.03142972
ESTIBA_Y_DESPACHO_VEHICULOS_2.Queue	0.02217780	(Insufficient)	0.00	0.1109
REVISAR_ASIGNACIÓN_SECTOR_Y_ORDEN_DE_ENTREGA.Queue	1.0000	(Insufficient)	0.00	2.0000
SEPARACIÓN_PRODUCTOS_1.Queue	0.08945044	(Insufficient)	0.00	0.2339
SEPARACIÓN_PRODUCTOS_2.Queue	0.0907	(Insufficient)	0.00	0.2701

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ESTIBA_Y_DESPACHO_VEHICULOS_1.Queue	0.00130957	(Insufficient)	0.00	1.0000
ESTIBA_Y_DESPACHO_VEHICULOS_2.Queue	0.00462038	(Insufficient)	0.00	1.0000
REVISAR_ASIGNACIÓN_SECTOR_Y_ORDEN_DE_ENTREGA.Queue	0.5417	(Insufficient)	0.00	12.0000
SEPARACIÓN_PRODUCTOS_1.Queue	0.02981681	(Insufficient)	0.00	1.0000
SEPARACIÓN_PRODUCTOS_2.Queue	0.01889452	(Insufficient)	0.00	1.0000

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CAJERO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
CONDUCTOR	0.07058666	(Insufficient)	0.00	0.9231
ENCARGADO	0.0977	(Insufficient)	0.00	1.0000
PEONETA	0.07058666	(Insufficient)	0.00	0.9231
TELEFONISTA	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
VEHICULOS	0.01503110	(Insufficient)	0.00	0.1538

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CAJERO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
CONDUCTOR	0.9176	(Insufficient)	0.00	12.0000
ENCARGADO	0.1954	(Insufficient)	0.00	2.0000
PEONETA	0.9176	(Insufficient)	0.00	12.0000
TELEFONISTA	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
VEHICULOS	0.1954	(Insufficient)	0.00	2.0000

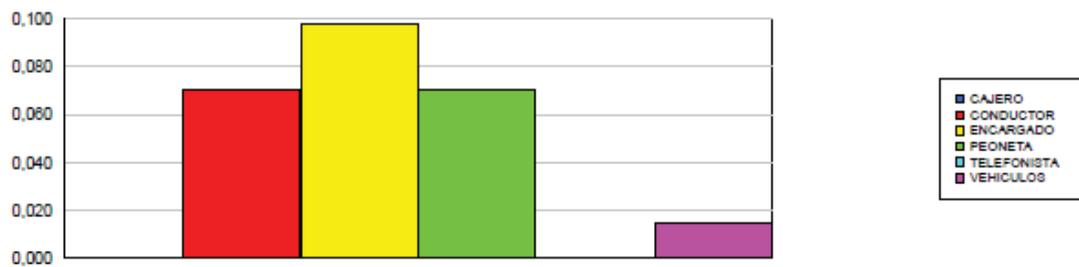
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CAJERO	10.0000	(Insufficient)	10.0000	10.0000
CONDUCTOR	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000
ENCARGADO	2.0000	(Insufficient)	2.0000	2.0000
PEONETA	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000
TELEFONISTA	5.0000	(Insufficient)	5.0000	5.0000
VEHICULOS	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000

Resource

Usage

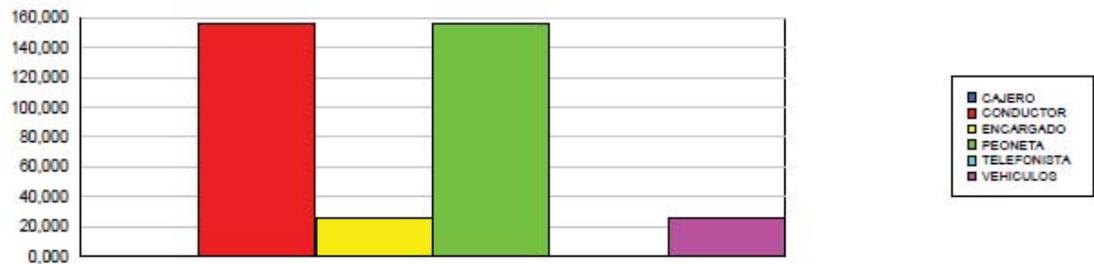
Scheduled Utilization

	Value
CAJERO	0.00
CONDUCTOR	0.07058666
ENCARGADO	0.0977
PEONETA	0.07058666
TELEFONISTA	0.00
VEHICULOS	0.01503110



Total Number Seized

	Value
CAJERO	0.00
CONDUCTOR	156.00
ENCARGADO	26.0000
PEONETA	156.00
TELEFONISTA	0.00
VEHICULOS	26.0000



Anexo N°9 – Reporte simulación en Arena de procesos de distribución con cambios

PROCESOS FULLERTON

Replications: 1 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

13

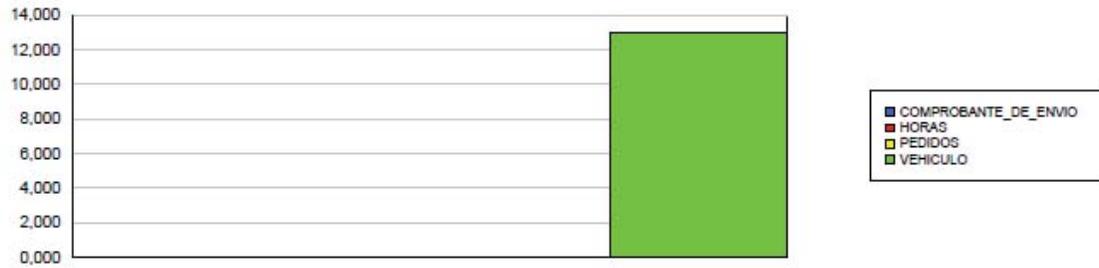
Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	6.5844	(Insufficient)	4.1776	8.7011
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.9268	(Insufficient)	0.00	1.9911
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VEHICULO	7.5113	(Insufficient)	4.6132	10.6923

Other

Number In	Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	0.00
HORAS	0.00
PEDIDOS	0.00
VEHICULO	13.0000



Entity

Other

Number Out	Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	0.00
HORAS	0.00
PEDIDOS	0.00
VEHICULO	13.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
COMPROBANTE_DE_ENVIO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
HORAS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PEDIDOS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
VEHICULO	4.0686	(Insufficient)	0.00	13.0000

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ESTIBA_Y_DESPACHO_VEHICULOS_1.Queue	0.5198	(Insufficient)	0.00	1.3696
ESTIBA_Y_DESPACHO_VEHICULOS_2.Queue	1.0219	(Insufficient)	0.1093	1.7840
SEPARACIÓN_PRODUCTOS_1.Queue	0.1480	(Insufficient)	0.00	0.2072
SEPARACIÓN_PRODUCTOS_2.Queue	0.2072	(Insufficient)	0.2072	0.2072

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ESTIBA_Y_DESPACHO_VEHICULOS_1.Queue	0.1516	(Insufficient)	0.00	5.0000
ESTIBA_Y_DESPACHO_VEHICULOS_2.Queue	0.2555	(Insufficient)	0.00	6.0000
SEPARACIÓN_PRODUCTOS_1.Queue	0.04315832	(Insufficient)	0.00	5.0000
SEPARACIÓN_PRODUCTOS_2.Queue	0.05178999	(Insufficient)	0.00	6.0000

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CAJERO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
CONDUCTOR	0.01459585	(Insufficient)	0.00	0.3077
ENCARGADO	0.0949	(Insufficient)	0.00	1.0000
PEONETA	0.01459585	(Insufficient)	0.00	0.3077
TELEFONISTA	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
VEHICULOS	0.01459585	(Insufficient)	0.00	0.1538

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CAJERO	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
CONDUCTOR	0.1897	(Insufficient)	0.00	4.0000
ENCARGADO	0.1897	(Insufficient)	0.00	2.0000
PEONETA	0.1897	(Insufficient)	0.00	4.0000
TELEFONISTA	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
VEHICULOS	0.1897	(Insufficient)	0.00	2.0000

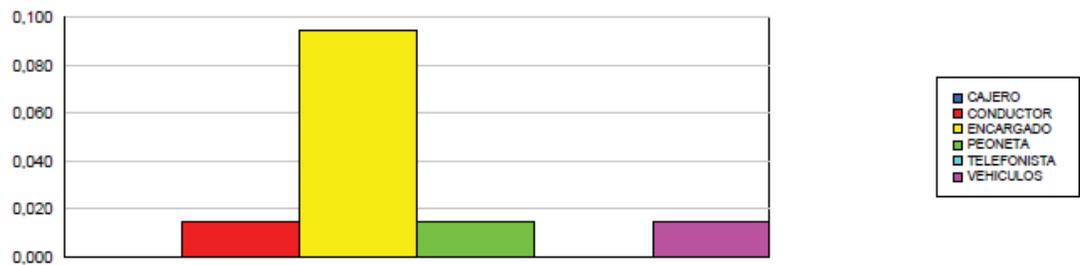
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CAJERO	10.0000	(Insufficient)	10.0000	10.0000
CONDUCTOR	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000
ENCARGADO	2.0000	(Insufficient)	2.0000	2.0000
PEONETA	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000
TELEFONISTA	5.0000	(Insufficient)	5.0000	5.0000
VEHICULOS	13.0000	(Insufficient)	13.0000	13.0000

Resource

Usage

Scheduled Utilization

	Value
CAJERO	0.00
CONDUCTOR	0.01459585
ENCARGADO	0.0949
PEONETA	0.01459585
TELEFONISTA	0.00
VEHICULOS	0.01459585



Total Number Seized

	Value
CAJERO	0.00
CONDUCTOR	52.0000
ENCARGADO	26.0000
PEONETA	52.0000
TELEFONISTA	0.00
VEHICULOS	26.0000

