

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



Plan de mejoras en la gestión del retiro y transporte de los residuos sólidos domiciliarios en el Departamento de Aseo y Ornato de la I.Municipalidad de Viña del Mar.

Por

Mauricio Maturana Hernández

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

Profesora Guía: Paula Quiroz Rojas

Noviembre ,2018

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi amigo Daniel González por plantear el desafío de realizar mejoras en su lugar de trabajo, a mi profesor tutor Esteban Sefair por disponer de su tiempo y conocimientos en resolver mis dudas y en especial a mi profesora guía Paula Quiroz por convertir el desafío en una idea clara y concisa, la que podrá beneficiar a muchos ciudadanos de la comuna de Viña del Mar.

Extiendo mis agradecimientos a Miguel Salvo, Antonio Campos, Fernando Zamora y Jaime Arenas del Departamento de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, por toda su colaboración y aprendizaje que obtuve durante este tiempo, y a Dina Manetti Directora de Gestión de Proyectos de la Secretaría Comunal de Planificación (SECPLA) por el tiempo que destino en recibir, estudiar e implementar las propuestas.

Como no agradecer a mis amigos ángeles Francisco Díaz y Alejandro Zúñiga que fueron parte de este proceso y ahora permanecerán por siempre en mí recuerdo.

Finalmente a mis hermanos, Álvaro y Felipe por creer siempre en mí y a mis padres Víctor y Gina por ser mi orgullo y mi ejemplo a seguir.

Mauricio Maturana Hernández

ÍNDICE

Glosario.....	12
Abreviaturas	14
Resumen Ejecutivo	15
Introducción	17
Capítulo 1: Antecedentes Generales	19
1.1 Objetivo General	19
1.2 Objetivos Específicos	19
1.3 Descripción de la organización.....	20
1.3.1 Estructura organizacional.....	21
1.4 Metodología a utilizar	23
1.4.1 Método DMAIC para el mejoramiento de procesos.....	23
1.4.2 Procedimiento propuesto	25
Capítulo 2: Marco Teórico.....	27
2.1 Residuos	27
2.1.1 Tipos de Residuos.....	27
2.1.2 Fuente generadora.....	28
2.1.3 Recolección	28
2.1.4 Disposición de residuos sólidos domiciliarios	30
2.2 Logística	33
2.2.1 Transporte	33
2.2.2 Rutas de recolección.....	33
2.2.3 Diseño de rutas.....	34
2.2.4 Macroruta.....	34
Capítulo 3: Estado del Arte	40
3.1 Residuos sólidos domiciliarios en el mundo.....	40
3.2 Residuos sólidos domiciliarios en América Latina.....	41
3.3 Residuos sólidos domiciliarios en Chile	43
3.3.1 Generación de residuos en Chile.....	43
3.3.2 Tarificación de residuos sólidos domiciliarios	44

Capítulo 4: Desarrollo de la Metodología DMAIC	46
4.1 Definir.....	46
4.1.1 Personal de Aseo	46
4.1.2 Zonas de Recolección	47
4.1.3 Rutas de Recolección	48
4.1.4 Descripción del Problema	49
4.1.5 Procesos	53
4.2 Medir	57
4.2.1 Reclamos	57
4.2.2 Proceso Desmalezado.....	58
4.2.3 Proceso Microbasurales	60
4.2.4 Proceso Voluminoso	62
4.2.5 Proceso Verde	64
4.2.6 Recolección domiciliaria	67
4.3 Analizar.....	71
4.3.1 Conductores	71
4.3.2 Vehículos de Recolección.....	79
4.3.3 Número de Viviendas Atendidas.....	85
4.3.4 Sectores de Recolección.....	86
4.3.5 Rutas por sector.....	87
4.4 Mejorar.....	93
4.4.1 Propuesta: Digitalización de rutas	93
4.4.2 Propuesta: Macroruteo	98
4.4.3 Propuesta: Determinar N° necesario de camiones de recolección.	102
4.4.4 Propuesta: Externalización de ruta 1RAA	112
4.4.5 Propuesta: Estación de transferencia	123
4.5 Control	133
4.5.1 Implementación sistema GPS en flota de camiones de recolección RSD.....	133
4.5.2 Implementación nueva Hoja de Ruta para operativos.....	136
4.5.3 Implementación de indicadores de control.....	137
Conclusiones.....	146

Bibliografía.....	153
Anexo 1: Marco legal	156
Anexo 2: Estudio de Campo, Recolección Domiciliaria en Barcelona.....	159
Anexo 3: Estudio de campo, Plan de prevención de residuos municipales (Barcelona, España).....	162

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fases, objetivos y herramientas de la metodología Seis Sigma.....	24
Tabla 2 Capacidad de los contenedores disponibles para ser usados.....	32
Tabla 3: Variables necesarias para obtener la capacidad del vehículo.....	35
Tabla 4: Variables necesarias para obtener número necesario de vehículos.....	36
Tabla 5: Variables necesarias para obtener el número de casas por vehículo.....	37
Tabla 6: Información necesaria para obtener el tamaño de la cuadrilla.....	37
Tabla 7: Información necesaria para obtener la distancia que cubre la recolección.....	38
Tabla 8: Casos que se pueden dar en el balance de rutas.....	39
Tabla 9: Generación de residuos sólidos en Chile.....	43
Tabla 10: Personal departamento aseo y ornato.....	46
Tabla 11: Costos Operación proceso Desmalezado.....	59
Tabla 12: Costos Operación proceso Micro-basurales.....	61
Tabla 13: Costo operación proceso Voluminosos.....	63
Tabla 14: Costo operación proceso Verde.....	65
Tabla 15: Costos totales operativos en 2016.....	66
Tabla 16: Ticket de pesaje del vertedero El Molle.....	68
Tabla 17: Conductores que realizan función distinta a la de recolección domiciliaria.....	73
Tabla 18: Lista de camiones de recolección.....	79
Tabla 19: Comparación Días operativos según años en uso.....	82
Tabla 20: Comparación carga recolectada por camión por años de uso.....	84
Tabla 21: Número de viviendas atendidas.....	85
Tabla 22: Información obtenida sobre la Ruta 1RAA.....	88
Tabla 23: Información obtenida sobre Ruta 2RAA.....	89
Tabla 24: Información obtenida sobre Ruta 3RAA.....	91
Tabla 25: Indicador de colores según ruta.....	94
Tabla 26: Información necesaria del sector de Reñaca Alto (Censo 2017).....	94
Tabla 27: Información necesaria para el macroruteo del sector de Reñaca Alto.....	98
Tabla 28: Tiempo disponible para la recolección.....	99
Tabla 29: Velocidad de avance en la recolección.....	99
Tabla 30: Distancia productiva en la recolección.....	100
Tabla 31: Distancia que cubre la recolección.....	100
Tabla 32: Resultados de balance de ruta.....	100
Tabla 33: Información necesaria para realizar modelo matemático.....	103
Tabla 34: Resultados obtenidos modelo matemático en Solver.....	106
Tabla 35: Datos necesarios para el Análisis Económico.....	106
Tabla 36: Depreciación de los vehículos en estudio.....	106
Tabla 37: Comparación de CAUE entre defensor y retador según periodo.....	108

Tabla 38: Comparación entre CAUE del defensor y retadores según periodo.	109
Tabla 39: Comparación costo total marginal del defensor y CAUE mínimo del retador según periodo (caso 1).....	110
Tabla 40: Comparación costo total marginal del defensor y CAUE mínimo de los retadores según periodo (Caso 2).....	111
Tabla 41: Kg de recolección por ruta actual.....	112
Tabla 42: Calles entre eje vertical y horizontal que se beneficiarían con la propuesta.	115
Tabla 43: Kg de recolección por ruta (Propuesta externalización).....	115
Tabla 44: Información necesaria para propuesta de externalización.....	116
Tabla 45: Costos necesarios para el análisis de externalización.	116
Tabla 46: Costos antes y después de externalización.	116
Tabla 47: Datos necesarios para realizar análisis económico entre uso del camión nuevo en vez de externalización.	117
Tabla 48: Datos necesarios para realizar análisis económico entre uso del camión viejo en vez de externalización.	118
Tabla 49: Datos necesarios para realizar análisis económico entre externalización en vez de uso del camión viejo.	119
Tabla 50: Datos necesarios para realizar análisis económico entre externalización en vez de uso del camión nuevo.....	119
Tabla 51: CAUE según propuesta y periodo.	120
Tabla 52: Valor presente neto según propuesta.	122
Tabla 53: Información de ET.	126
Tabla 54: Ficha técnica de la ET.	126
Tabla 55: Comparación tiempos y costos actualmente y con propuesta estación de transferencia (Sector Reñaca Alto).....	127
Tabla 56: Datos necesario propuesta de ET.	128
Tabla 57: Comparación proceso actuales y con implementación ET.....	128
Tabla 58: Costos necesarios para el análisis.	128
Tabla 59: Análisis económico antes y después de implementación ET.....	129
Tabla 60: Costos necesarios análisis económico ET.	129
Tabla 61: Valor presente por periodo y situación.....	130
Tabla 62: Costos en implementación de GPS en la flota.	133
Tabla 63: Datos necesarios para realizar análisis económico propuesta de implementación de GPS camión R-29.....	134
Tabla 64: Información necesaria estudio razón B/C.....	135
Tabla 65: Parte de reposición de combustible.....	136
Tabla 66: Repostaje por mes según camión.	137
Tabla 67: Indicador de consumo de combustible.....	138
Tabla 68: Vehículos disponibles en la flota de las mismas características 2016.....	139
Tabla 69: Indicador de distancia productiva por conductor.	143
Tabla 70: Resumen marco legal y regulatorio de relativo al manejo de residuos en Chile...	156

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1: Porcentaje de reclamos.	57
Gráfico 2: M ³ retirados según mes en operativo de desmalezado.	58
Gráfico 3: M ³ retirados según conductor en operativo de desmalezado.	58
Gráfico 4: Polígono de frecuencia de recolección por sector en operativo de desmalezado.	59
Gráfico 5: M ³ retirados según mes en operativo de microbasurales.	60
Gráfico 6: M ³ retirados según conductor en operativo de microbasurales.	60
Gráfico 7: Polígono de frecuencia de recolección por sector en operativo de microbasurales.	61
Gráfico 8: M ³ retirados según mes en operativo de voluminosos.	62
Gráfico 9: M ³ retirados según conductor en operativo de voluminosos.	62
Gráfico 10: Polígono de frecuencia de recolección por sector en operativo de voluminosos.	63
Gráfico 11: M ³ retirado según mes en operativo de verde.	64
Gráfico 12: M ³ retirados por conductor en operativo de verde.	64
Gráfico 13: Polígono de frecuencia de recolección por sector en operativo de verde.	65
Gráfico 14: Recolección m ³ por operativo.	66
Gráfico 15: Toneladas recolectadas de RSD por mes.	70
Gráfico 16: Días trabajados por todos los conductores municipales.	72
Gráfico 17: Días trabajados por conductores de operativos.	73
Gráfico 18: Días trabajados de todos los conductores de recolección de RSD.	74
Gráfico 19: Horas trabajadas por conductor municipal.	75
Gráfico 20: Horas trabajadas por conductor de operativo.	76
Gráfico 21: Residuos recolectados por conductor 2016.	77
Gráfico 22: Porcentaje de combustible consumido en zona de recolección en comparación con fuera del recorrido.	78
Gráfico 23: Porcentaje de días operativos en relación a los en mantención.	81
Gráfico 24: Porcentaje de camiones operativos.	81
Gráfico 25: Camiones de recolección y porcentaje que cumplió su vida útil.	82
Gráfico 26: Residuos recolectados por camión.	83
Gráfico 27: Kilómetros recorridos ruta 1RAA.	88
Gráfico 28: Kilogramos recolectados ruta 1RAA.	89
Gráfico 29: Kilómetros recorridos ruta 2RAA.	90
Gráfico 30: Kilogramos recolectados ruta 2RAA.	90
Gráfico 31: Kilómetros recorridos ruta 3RAA.	91
Gráfico 32: Kilogramos recolectados ruta 3RAA.	92
Gráfico 33: Confrontación defensor y retador (caso 1).	110
Gráfico 34: Confrontación defensor y retadores (Caso 2).	111
Gráfico 35: Porcentaje de recolección realizada por COSEMAR S.A y por medio del Municipio.	113

Gráfico 36: Porcentaje de recolección COSEMAR S.A comparación con Municipio después de la propuesta de externalización.....	115
Gráfico 37: CAUE según propuesta y periodo.....	121
Gráfico 38: Valor presente neto según propuesta.....	122
Gráfico 39: Consumo por repostaje camión R-29, Enero 2016.....	138
Gráfico 40: Vehículo disponible con las mismas características según consumo.....	140
Gráfico 41: Indicador de rendimiento según camión.....	141
Gráfico 42: Kilómetros recorridos por camión según rendimiento.....	142
Gráfico 43: Indicador por conductor de recolección de RSD.....	144
Gráfico 44: Indicador por conductores de operativos.....	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama Jerárquico Unidad de Aseo 2016.	22
Figura 2: Fases del proceso DMAIC.	23
Figura 3: Pirámide invertida de tratamientos de residuos en Norteamérica y Europa.	40
Figura 4: Pirámide de tratamiento de residuos en América Latina.	42
Figura 5: Extensiones y rebajas para la tarifa anual de servicio de aseo domiciliario.	45
Figura 6: Mapa con zonas de recolección en la Comuna de Viña del Mar por Municipio y COSEMAR S.A.	47
Figura 7: Rutas de recolección.....	48
Figura 8: Árbol del Problema.....	51
Figura 9: Mapa SIPOC del proceso de recolección.....	52
Figura 10: Diagrama de flujo del operativo de desmalezado.....	53
Figura 11: Diagrama de flujo del operativo de microbasural.....	54
Figura 12: Diagrama de flujo del operativo de voluminosos.....	55
Figura 13: Diagrama de flujo del operativo de verde.....	56
Figura 14: Operario recorre metros en recolección por no tener acceso el camión al sector.....	67
Figura 15: Diagrama del proceso de Recolección de RSD en comuna de Viña del Mar.	69
Figura 16: Sectores atendidos en Viña del Mar.	86
Figura 17: Mapa del sector de Reñaca Alto.....	93
Figura 18: Mapa con la digitalización del recorrido ruta 1RAA.	95
Figura 19: Mapa con la digitalización del recorrido ruta 2RAA.	96
Figura 20: Mapa con la digitalización del recorrido ruta 3RAA.	97
Figura 21: Planteamiento modelo en Solver de Microsoft Excel 2010.	105
Figura 22: Reporte de sensibilidad de Solver.....	105
Figura 23: Diagrama de flujo de efectivo del camión R-09.....	107
Figura 24: Diagrama de flujo de efectivo del camión R-29.....	107
Figura 25: Diagrama de flujo de efectivo del camión R-09.....	108
Figura 26: Diagrama de flujo de efectivo del camión R-29.....	109
Figura 27: Diagrama de flujo de efectivo del camión nuevo.....	109
Figura 28: Mapa Reñaca Alto con rutas de recolección Municipio y COSEMAR S.A.....	112
Figura 29: Mapa Reñaca Alto con propuesta de externalización a COSEMAR S.A.	113
Figura 30: Sector seleccionado para propuesta de externalización a COSEMAR S.A.	114
Figura 31: Zona propuesta de externalización.	114
Figura 32: Diagrama de flujo de efectivo del camión nuevo en vez de externalización.	118
Figura 33: Diagrama de flujo de efectivo del camión viejo en vez de externalización.	118
Figura 34: Diagrama de flujo de efectivo entre externalización en vez del uso del camión viejo.	119
Figura 35: Diagrama de flujo de efectivo entre externalización en vez del uso del camión nuevo.....	120

Figura 37: Fases de descarga camión recolector en contenedores de mayor tamaño.	124
Figura 38: Camiones de recolección y Camión de mayor capacidad.....	124
Figura 36: Propuesta Estación de Transferencia: El Salto.....	125
Figura 39: Diseño de la Estación de Transferencia.....	127
Figura 40: Diagrama de flujo de efectivo recolección de RSD con ET.....	129
Figura 41: Diagrama de flujo de efectivo recolección de RSD sin ET.....	130
Figura 42: Valor presente según propuesta y periodo.	131
Figura 43: Diagrama de flujo del proceso de recolección con Estación de Transferencia.	132
Figura 44: Diagrama flujo de efectivo implementación GPS.....	134
Figura 45: Nueva hoja de operativos.	136

Glosario

Circular 33: Metodología con la que se gestiona de manera más expedita el proceso de asignación de recursos en relación a los estudios propios del giro de la institución, adquisición de activos no financieros como (terrenos, edificios, vehículos, etc.), gastos de emergencia y conservación de infraestructura pública. Está dirigido a las instituciones públicas, municipios y universidades.

CONAMA: Comisión Nacional de Medio Ambiente, fiscalizador del cumplimiento de políticas medioambientales, así como administrar el sistema de evaluación de impacto medio ambiental, que en la actualidad está dividida en Ministerio de Medio Ambiente y Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

CORE: Consejo Regional, tiene la facultad fiscalizadora del GORE, así como las decisiones y resoluciones en cuanto a la elaboración de políticas y acuerdos que puedan emanar de cada una de sus comisiones en particular o del pleno en general. Es el que aprueba el presupuesto.

FNDR: Fondo nacional de desarrollo regional, es el principal instrumento financiero, mediante el cual el Gobierno Central transfiere recursos fiscales a cada una de las regiones, para la materialización de proyectos y obras de desarrollo e impacto regional. Su administración corresponde a los Gobiernos Regionales y SUBDERE.

GORE: Gobierno Regional de Valparaíso, encargado de la administración superior de la Región. Tiene por objeto el desarrollo social, cultural y económico de esta. Para el ejercicio de sus funciones, el gobierno regional goza de personalidad jurídica de derecho público y tiene patrimonio propio.

Precios sombra: Son los valores que reflejan el verdadero costo para la sociedad de las unidades adicionales de recursos utilizados en la ejecución y operación de un proyecto de inversión.

Prima al riesgo: Es el sobreprecio que paga un país para financiarse en los mercados en comparación con otros países.

Razón B/C: Es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una comunidad. Si $B/C > 1$, los beneficios son superiores a los sacrificios. El proyecto es viable porque genera aportes económicos y sociales a la comunidad.

Repostaje: Reposición de combustible.

SEA: Sistema de Evaluación Ambiental, es el responsable de sistematizar y profesionalizar la evaluación ambiental de los proyectos que ingresen al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

SUBDERE: Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo, su función es impulsar y conducir las reformas institucionales en materia de descentralización, que contribuyan a una efectiva transferencia de poder político, económico y administrativo a los gobiernos regionales y a los municipios.

Abreviaturas

CAUE: Costo Anual Uniforme Equivalente.

ET: Estación de Transferencia.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

INE: Instituto Nacional de Estadísticas.

IPC: Índice de precios al consumo.

OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico.

RSD: Residuos sólidos domiciliarios.

TMAR: Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento.

VAN: Valor Actual Neto.

VPN: Valor Presente Neto.

Resumen Ejecutivo

El manejo de los residuos sólidos constituye a nivel mundial un problema para las grandes ciudades, factores como el crecimiento demográfico, la concentración de población en las zonas urbanas, el desarrollo ineficaz del sector industrial, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida, entre otros, han incrementado la generación de residuos sólidos en los pueblos y ciudades.

Las etapas que constituyen el manejo de residuos sólidos son: generación, almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.

En el caso de América Latina ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el esquema de “recolección y disposición final” dejando de lado el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de residuos, así como la disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada. En muchos países de la región se utilizan los vertederos y botaderos a cielo abierto sin las debidas especificaciones técnicas, se continúa con la práctica de recolección sin clasificación o segregación de los desechos desde el origen; existe un enorme número de segregadores trabajando en las calles y vertederos de manera informal, buscando sobrevivir del aprovechamiento de materiales reciclables a pesar del riesgo a que exponen su salud e integridad física, sumándole a esto la ineficiente gestión de la administración tanto pública como privada del sector son aspectos que revelan la crisis que presenta en la región el manejo de residuos sólidos.

En Viña del Mar, el crecimiento de la población desde el 2002 al 2017, ha tenido un aumento de un 14%. Debido a lo anterior, ha crecido la demanda por servicios públicos, se ha expandido la población y se incrementó el manejo y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios. El servicio de recolección de residuos se realiza tanto por el municipio como por empresas licitadas. En promedio se recolectan 14.000 toneladas de residuos al mes, de los cuales un 67% lo realiza la empresa externa COSEMAR S.A y un 33% por medio del Municipio.

El presente trabajo estará enfocado en diseñar un plan de mejoras en la gestión de la recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) en la I. Municipalidad de Viña del Mar que tiene como problemática principal el inadecuado manejo de la recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios que conlleva a reclamos de la población, y a la creación de micro basurales.

Para esto utilizo la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) que se utiliza en mejoras incremental de los procesos, con esta metodología se definió la problemática , zonas de recolección, personal de aseo, procesos realizados por el departamento con sus respectivos diagramas de flujo, un mapa SIPOC para entender mejor los actores involucrados en los procesos. También se realizó una medición al número de reclamos por proceso, a la información histórica obtenida de los procesos realizados en el

departamento, m³ recolectados por operativo y conductor, frecuencias de recolección y los costos operacionales.

Se hizo un análisis a los actores principales que participan en los procesos como son los conductores y camiones, días y horas trabajadas de cada conductor, toneladas de recolección de residuos por camión y conductor, número de viviendas atendidas, cantidad de camiones que cumplieron su vida útil, porcentaje de días que se encuentran en mantenimiento y tiempos recorridos en cada ruta.

Para realizar las mejoras se hizo un seguimiento en terreno y personalizado a las rutas del sector de Reñaca Alto, se usó la aplicación Runtastic y software de diseño CorelDraw para obtener el recorrido que hace el camión recolector de forma física y que no sea solo el conductor designado a esa ruta el que sabe el recorrido, con esta información y mediante el método de la macro ruta se podrá balancear las rutas con el fin de obtener cual es la que esta con más carga de trabajo, luego mediante un modelo matemático se obtendrá la flota óptima para cumplir satisfactoriamente la recolección en ese sector, se realizó propuestas de mejora como son la externalización, adquisición de camiones, estación de transferencia, todas estas propuestas con sus respectivo estudio económico.

Para el control se implementaron indicadores relacionados con los actores involucrados para lograr medir a simple vista cuales son los camiones y conductores más eficientes, se creó una nueva hoja de ruta de operativos con el final de obtener información más útil y como lo que no se puede medir no se puede controlar se implementara la herramienta GPS como herramienta precisa de control.

Con todas estas mejoras lo que se busca es disminuir la cantidad de reclamos debido a una mejor entrega del servicio, disminuir los costos operativos, la reducción de microbasurales existentes mediante acciones específicas de limpieza y los avances que se obtengan tendrán un carácter preventivo, es decir, evitaran la generación de nuevos microbasurales al aumentar la cobertura del servicio de recolección de residuos voluminosos, sin embargo los ya existentes solo pueden ser eliminados mediante el retiro de los residuos dispuestos.

Introducción

El crecimiento de la población, los estilos de vida, el sobre consumo y la aparición de una cultura de producción que privilegia lo desechable por sobre lo retornable, han transformado los residuos en uno de los principales problemas ambientales y de contaminación existentes en la actualidad, el cual es necesario afrontar a través de mejoras en la gestión del retiro, transporte y manejo de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) en la región.

Los residuos son el tema que nos reúne en este estudio, que se define como la materia generada en la actividad de producción o consumo, que no han alcanzado un valor que permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó, es lo que comúnmente se conoce como basura o desechos. Hoy se habla de residuos refiriéndose a la posibilidad de convertir la basura en un subproducto distinto al principal, que pueda ser reutilizado o reciclado en un nuevo proceso y por tanto que ayude a disminuir los problemas medioambientales. La importancia radica en la recolección de los residuos, que por su parte consiste en transportar estos, desde su almacenamiento en la fuente generadora hasta el vehículo recolector y luego transportarlo al sitio de disposición final o estación de transferencia.

En Chile históricamente se ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el esquema de recolección, transporte y disposición final, dejando en menor medida el aprovechamiento, reciclado y tratamiento de estos. En el país se producen 7,4 millones de toneladas de RSD al año, de los cuales 60,8% pertenecen a Santiago y solo un 1,9% a Viña del Mar con una producción anual de 141.269 toneladas.

Según la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (Ley 18.695), cada municipio debe manejar el tema de los RSD en forma privada. Es decir, el sistema de recolección, transporte y disposición final de los residuos opera a través del municipio, los que en su uso de facultades privativas sobre la materia, pueden optar por mantener un servicio propio o entregarlo, parcial o integralmente, en concesión a empresas privadas mediante un proceso de licitación.

El manejo de los RSD en la comuna de Viña del Mar, se caracteriza por: empresas de servicios que se dedican a la recolección de residuos domiciliarios, que no cuentan control eficiente de flota, tienen un sistema de rutas que se llevan a cabo de forma natural y basadas exclusivamente en la experiencia de los conductores, no se cuenta con un estudio técnico, cuyos resultados permitan planificar las rutas que los camiones deben seguir, es por esto que los tiempos y gastos en combustible se vean incrementados. Además las personas también contribuyen con este problema, al depositar en cualquier lugar sus residuos, complicando los procesos de recolección y transporte, obligando a los camiones a detenerse por más tiempo en un lugar o recorrer distancias más extensas.

Un buen control en el manejo de los residuos es fundamental para el Departamento de Aseo y Ornato, los problemas en la recolección, significan para la población que la acumulación temporal de residuos se prolongue por días, es a partir de esta, cuando comienzan los

verdaderos problemas ecológicos, las personas depositan los RSD en quebradas o terrenos que se convierten en potenciales micro basurales y focos permanentes de contaminación.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas, entre las que se encuentran: falta de control en los procesos, flota envejecida, que la hoja de rutas no entrega toda la información necesaria para el seguimiento y análisis de información, camiones de recolección sin GPS para su seguimiento, lo que dificulta la digitalización de las rutas y un mejor control en estas. Se le suma a esto que los rellenos sanitarios y vertederos se deben ubicar lejos de los centros urbanos, lo que retarda la entrega del servicio.

El estudio de esta problemática social se realiza por el interés de mantener un ambiente que permita proporcionar a la población una calidad de vida digna y saludable, que tiene un costo elevado, el que se reduciría al implementar mejoras a la gestión de la recolección y transporte de residuos domiciliarios.

Por otra parte, se busca establecer los indicadores de control de los conductores municipales como de los camiones de recolección con el fin de poder tomar decisiones de forma más rápida y precisa.

El ámbito de interés desde la Ingeniería Civil Industrial radica en tener la posibilidad de proponer mejoras en una Organización como la Ilustre Municipalidad de Viña del Mar con las cuales se verán beneficiadas 334.258 habitantes.

En relación a la estrategia implementada, se realizaron una serie de entrevistas informales a funcionarios administrativos, conductores y operarios del Departamento de Aseo y Ornato. Para el desarrollo de la solución a la problemática se usó la metodología DMAIC, que se utiliza en mejoras incremental de procesos, con la que se definió la problemática, zonas de recolección, personal de aseo, procesos realizados, análisis de actores involucrados, etc. Con la finalidad de realizar mejoras en la gestión del retiro y transporte de RSD en la comuna de Viña del Mar.

Capítulo 1: Antecedentes Generales

1.1 Objetivo General

- Diseñar un plan de mejoras en la gestión del retiro y transporte de los residuos sólidos domiciliarios en la I.Municipalidad de Viña del Mar.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar la forma actual de planificación de rutas y los métodos de recolección de los RSD, con el fin de conocer los recursos involucrados en la entrega del servicio.
- Registrar el estudio de los tiempos en el proceso de recolección de RSD, para obtener los tiempos entrada/salida, tiempo de recolección, y tiempos muertos.
- Analizar los datos obtenidos en la investigación de campo, con el fin de determinar la problemática actual del servicio de recolección de RSD.
- Identificar variables del proceso tales como, equipo de recolección, capacidad útil vehículos, numero de cuadrilla, generación de residuos, etc.
- Determinar el número necesarios de vehículos de recolección para el sector en estudio.
- Establecer los indicadores del sistema que permitan dar seguimiento y control de Vehículos de recolección y de conductores.

1.3 Descripción de la organización

Historia

La Ilustre Municipalidad de Viña del Mar tiene 137 años de historia, sus funciones y atribuciones son ejercidas por la alcaldesa Virginia Reginato y por el consejo.

Según la Ley 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades, la municipalidad dispondrá de una Secretaria Municipal, Secretaria Comunal de Planificación y de otras unidades encargadas del cumplimiento de funciones de prestación de servicios y de administración interna, como la Dirección de Aseo y Ornato.

La Dirección de Aseo y Ornato tiene por objetivo procurar el aseo de los espacios públicos, la adecuada recolección y disposición final de la basura, las áreas verdes y la contribución al mejoramiento del medio ambiente de la comuna, en virtud de la Ley y en conformidad con el Plan de Desarrollo Comuna, la Misión Municipal y la Planificación Estratégica.

Este servicio se presta mediante dos sistemas de recolección, uno por contenedores, que permite el autoservicio de los residentes y el otro por entrega de los residuos en bolsas, al paso del camión, en días y horas predeterminadas.

Son 12 sectores correspondientes a la Comuna de Viña del Mar, de los cuales 6 son atendidos directamente por la municipalidad, 2 atendidos por municipalidad y empresa externa COSEMAR S.A y otros 4 solo por empresa externa COSEMAR S.A a través de contenedores metálicos de carga lateral.

Misión

La misión del departamento Aseo y Ornato se centra en cumplir y velar por:

- El aseo de las vías públicas, parques, jardines y en general de los bienes nacionales de uso público existentes en la comuna.
- El servicio de extracción, transporte y disposición final de la basura.
- Administración de las áreas verdes de la comuna.

La dirección de Aseo y Ornato tiene a su cargo las siguientes funciones:

- Elaboración de programas de gestión ambiental a corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a los lineamientos fijados en el Plan Regulador Comunal, el Plan de

Desarrollo Comunal, el Servicio de Salud y otras orientaciones de ordenamiento territorial generales municipales.

- El aseo de las vías públicas, parques, plazas, jardines y en general, de los bienes municipales y nacionales de uso público existentes en la comuna.
- El servicio de extracción y disposición final de la basura
- La construcción, conservación y administración de las áreas verdes de la comuna.
- Diseñar e implementar programas de limpieza de sumideros de aguas lluvias y en general de las acequias y canaletas existentes en la vía pública o de incidencia urbana.
- Controlar el retiro oportuno de escombros y microbasurales.
- Velar por el funcionamiento y manutención de los parques municipales de la comuna

1.3.1 Estructura organizacional

El Departamento de Aseo y Ornato se encuentra dirigido por el Jefe de Aseo quien cumple la función de vigilar y gestionar el cumplimiento de los proyectos al igual que la coordinación de los programas, seguido por el Jefe de Recolección Domiciliara encargado del Control de Servicios.

La Dirección de la Aseo del Municipio es la Unidad encargada de prestar los servicios de limpieza de las vías públicas, mediante el barrido de las calles y la recolección de los residuos sólidos domiciliarios en la comuna de Viña del Mar pero no sólo se ocupa de la recolección de residuos sólidos y barrido vial, sino también de la limpieza vertical y acciones del aseo urbano correspondientes a una ciudad turística.

Dicha Dirección tiene a su cargo 12 Zonas de Aseo, las que se ubican en distintos puntos de la comuna de Viña del Mar y cuyo personal municipal es el encargado de realizar las labores de recolección de residuos sólidos (basuras) y el barrido de las vías públicas, siendo este último también ejecutado por personal contratado a través de empresas contratistas externas.

El objetivo de la Dirección es dar cumplimiento a la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades, respecto de la recolección de basuras, barrido de calles, limpieza y lavado de vías públicas, limpieza de sumideros y canaletas, instalación y mantención de papeleros y contenedores ; retiro de escombros y cachureos, etc. Logrando con ello mantener una comuna limpia, segura y con mejor calidad de vida para todos sus habitantes.

Adicionalmente, dicha Dirección tiene entre sus funciones decepcionar durante los 365 días del año y en forma personalizada, todas aquellas inquietudes y denuncias formuladas por los vecinos y la comunidad en materias de aseo, las que son atendidas y en caso de proceder, y solucionadas dentro de un plazo prudente.

A continuación el Organigrama de unidad de aseo.

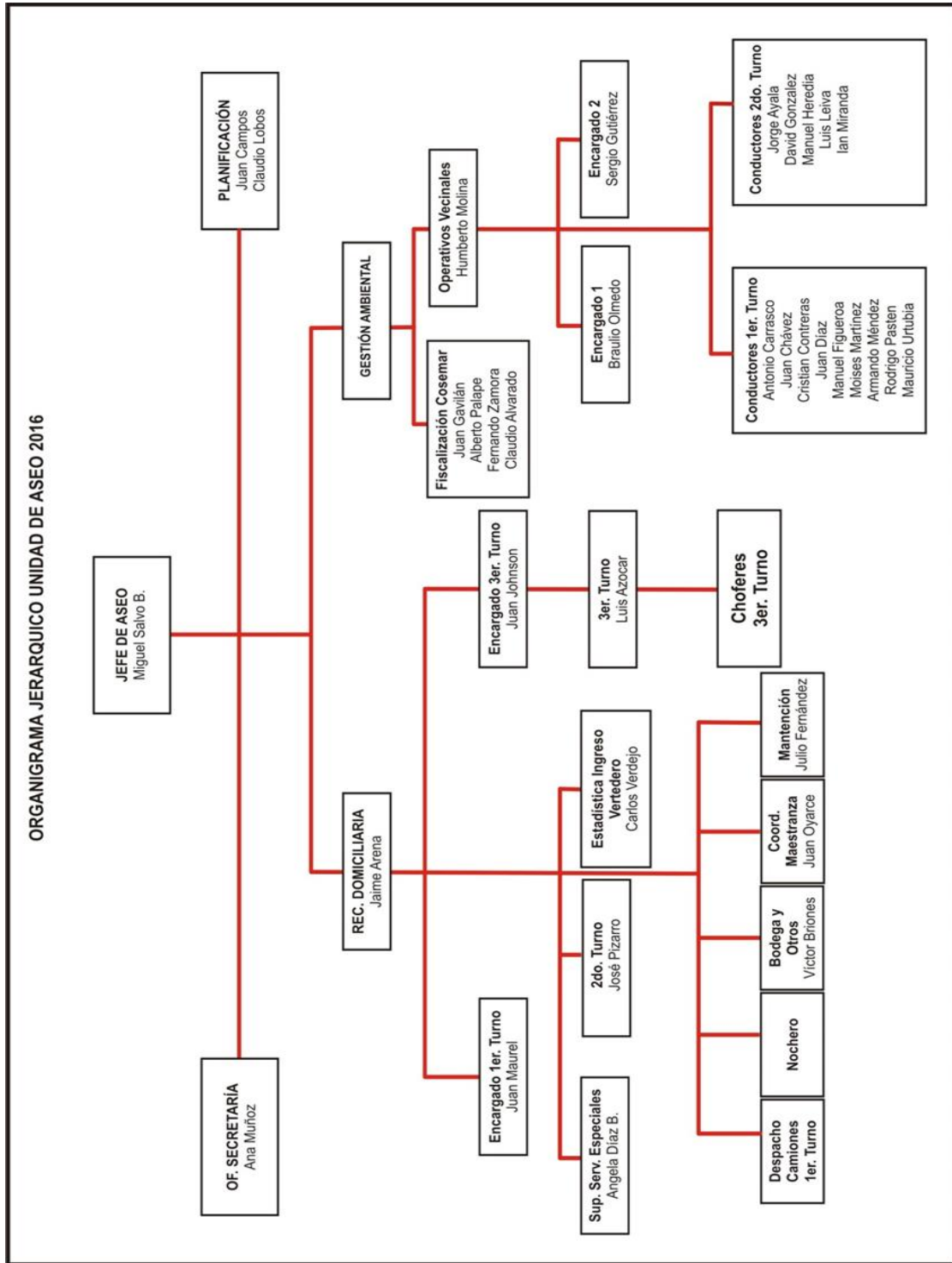


Figura 1: Organigrama Jerárquico Unidad de Aseo 2016.

Fuente: Elaboración Propia.

1.4 Metodología a utilizar

1.4.1 Método DMAIC para el mejoramiento de procesos.

Para poder realizar mejora significativa de manera consistente dentro de una organización, es importante tener un modelo estandarizado de mejora a seguir. DMAIC es el proceso de mejora que utiliza la metodología Seis Sigma y es un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado (McCarty, Bremer y Daniels, 2004) esta metodología de mejora propone aplicar un método de investigación para los procesos que agregan valor para el cliente y desarrolla acciones o proyectos que permiten elevar la satisfacción de este, utilizando para ello métodos estadísticos que garantizan fundamentar las decisiones basadas en datos (Gutiérrez y de la Vara, 2008) convirtiéndose así en una plataforma que permite mejorar la competitividad de las organizaciones (Porter, 2002).

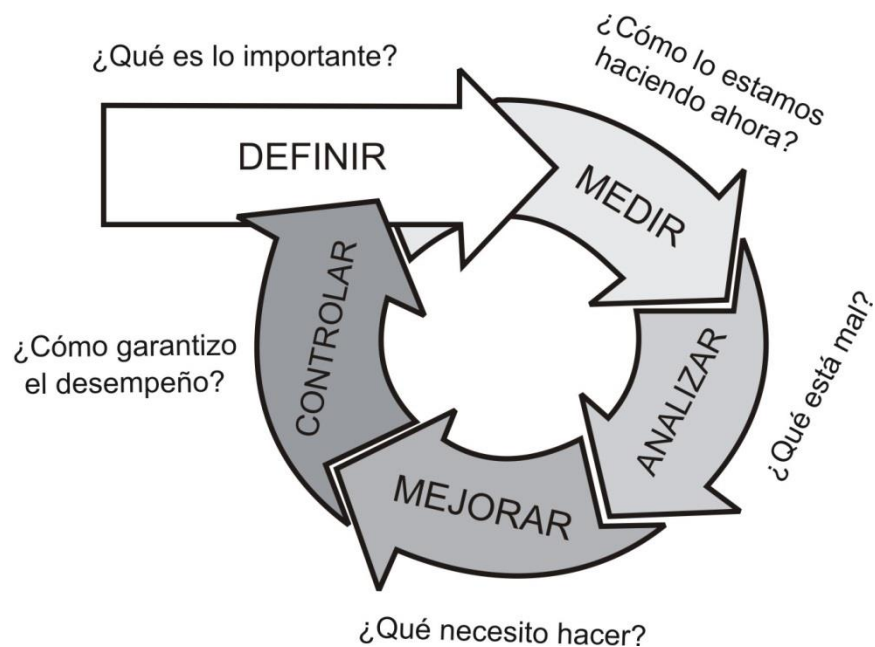


Figura 2: Fases del proceso DMAIC.

Fuente: Adaptado de McCarty, Bremer y Daniels (2004). Manual Six Sigma.

A continuación una tabla en que se muestra cada una de las fases, sus objetivos y herramientas más utilizadas.

Tabla 1: Fases, objetivos y herramientas de la metodología Seis Sigma.

Fases	Objetivos	Herramientas
Definir	Identificar aspectos claves de la organización, definir clientes, sus requisitos y procesos claves que pueden afectar a los clientes, es decir identificar posibles proyectos de mejora.	Diagrama de flujo del proceso, histogramas, lluvia de ideas, árbol del problema, entre otras.
Medir	Identificar las causas claves del problema para la recogida de datos en el proceso de estudio.	Análisis y gráficos estadísticos, análisis de capacidad del proceso, diagramas, polígono de frecuencia.
Analizar	Analizar los datos recogidos (procesarlos) para determinar cuáles son las causas del mal funcionamiento de los procesos.	Análisis estadísticos, diagramas de dispersión, gráficos.
Mejorar	Genera posibles soluciones al problema detectado e implementarlas.	Técnica analíticas, pruebas piloto, análisis económico, modelo matemático.
Controlar	Establecer un plan de controles que garanticen que la mejora alcanzara el nivel deseado.	Plan de control, gráficos, indicadores

Fuente: Adaptado de McCarty, Bremer y Daniels (2004).Manual Six Sigma.

Según la estructura y análisis de la metodología que se presentó, se mostrara la forma de trabajo que se llevara a cabo para el plan de mejoras en la gestión de retiro y disposición final de los RSD en la Comuna de Viña del Mar. Utilizaremos la herramienta DMAIC de la metodología Seis Sigma (6σ) enfocada en la mejora incremental de procesos existentes. Es una estrategia de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora. Cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error (Porter, 2002).

1.4.2 Procedimiento propuesto

1.4.2.1 Definir

En esta etapa se busca identificar el proceso que se requiere mejorar, a partir de las necesidades del departamento y los contribuyentes, se va a definir el problema a solucionar con base en la realización de un análisis grupal. Se definirá también los actores involucrados en el proceso como sus variables en un mapa SIPOC, se contara con diagramas realizados con el programa *Bizagi Modeler* de todos los operativos realizados por el departamento (micro basurales, desmalezado, voluminosos, verde y recolección domiciliaria) y un árbol de problema que sea realizara una vez que este identificado el problema con sus causas y efectos.

1.4.2.2 Medir

A partir a lo definido en la etapa anterior se procederá con la recolección de datos de todos los operativos del departamento, con el fin de obtener un indicador inicial del problema. Se medirán por intermedio de graficas los m³ recolectados por mes y conductor de todos los operativos mencionados en la etapa anterior, se medirán los costos en m³ recolectados, operarios necesarios y en utilización del camión de todos los operativos, como también gráficos de polígono de frecuencia de la recolección según sector de la comuna.

1.4.2.3 Analizar

La tercera etapa de la metodología DMAIC, se analizara los actores principales que influyen directamente en el proceso (camiones y conductores) se utiliza la información recolectada y a partir de esta se hacen los análisis estadísticos necesarios mediante gráficos para establecer un plan de mejora adecuado. En esta etapa se realizaran gráficos que reflejan las horas y días trabajados por conductor, como también la cantidad de kilogramos recolectados por cada uno, en el caso de los camiones se analizó la cantidad de vehículos de la flota, su vida útil, capacidad de recolección y el porcentaje de días que se encuentran operativos en comparación con los días que están en mantención. Para concluir esta etapa se analizara los sectores de la comuna en que opera el departamento como el número de viviendas que son atendidas, y por ultimo todos los datos obtenidos de las rutas que corresponden al sector de Reñaca Alto (tiempos, kilómetros recorridos, kilogramos recolectados).

1.4.2.4 Mejorar

Una vez concluida la etapa anterior se continuara con las mejoras al proceso, esto indica que se han identificado las causas a los problemas y que se está próximo a encontrar soluciones. Para la etapa de mejora se realizara un seguimiento personalizado a la recolección domiciliaria del sector de Reñaca Alto que es atendido por el conductor N°32 más 4 operarios, en el camión de recolección R-29, que por medio de la aplicación de celular *Runtastic* que tiene como herramienta GPS y con ayuda del programa de dibujo grafico *CorelDraw* se digitalizaran las rutas de recolección(1RAA,2RAA,3RAA), luego se realizara un balance de estas rutas para saber cuál de estas rutas es en la que debemos intervenir para mejorar el proceso, para continuar se realizó un modelo matemático para encontrar el n° necesario de camiones de recolección para satisfacer este sector para luego mediante la metodología de remplazo de equipos hacer un estudio de confrontación defensor/ retador para saber si es conveniente seguir con los camiones existentes, comprar un nuevo o externalizar el servicio a la empresa COSEMAR S.A , también se analizara la propuesta de estación de transferencia con la que se disminuirían todos los costos operativos de los procesos. Para esta etapa es de gran ayuda herramienta de lluvia de ideas, donde a partir de ideas se pudieron definir estas posibles soluciones.

1.4.2.5 Controlar

La generación de ideas no es suficiente sino se implantan las soluciones propuestas y es precisamente lo que se realizara en esta etapa. Las soluciones se implementaran y se les hace un seguimiento con la intención de que las mejoras sean continuas con el fin de aumentar la eficiencia en el servicio, logrando una mayor satisfacción de la ciudadanía que a su vez disminuye la tasa de reclamos por un mal servicio y prevenir la creación de micro-basurales. Como experiencia se sabe que lo que no se puede medir no se puede controlar, en esta etapa se implementara en los vehículos de recolección un GPS como herramienta de medición y control, se creó una nueva hoja de ruta de operativos para obtener información más representativa para posteriores análisis y se crearan los indicadores de control de los actores involucrados en los procesos (Conductores y Vehículos de recolección), lo ideal es que se sostengan al paso del tiempo, es por esto que se debe estandarizar los procesos que se modifican o nacen como soluciones; también es necesario contar con la debida documentación y la creación de un plan de control, que permita el seguimiento de los procesos implementados, para finalmente concluir y dar el cierre requerido.

Capítulo 2: Marco Teórico

Su propósito es situar el problema de estudio dentro de un conjunto de conocimientos que nos permitirá delimitar teóricamente los conceptos planteados, es decir, es la argumentación teórica de la relación que se estableció entre las variables que se pusieron en juego en el problema de estudio.

La palabra basura o desecho se asocia normalmente a algo que ya no sirve ni tiene valor, ya que ha sido usado en actividades previas. Lamentablemente, el crecimiento de la población, los estilos de vida, el sobreconsumo y la aparición de una cultura de producción que privilegia lo desechable por sobre lo retornable, han transformado la basura en uno de los principales problemas ambientales y de contaminación existentes, el cual es necesario afrontar a través de estrategias de gestión y manejo adecuada. Hoy en día se habla de “residuo” refiriéndose a la posibilidad de convertir la basura en un subproducto distinto al principal que puede ser reutilizado o reciclado en un nuevo proceso y que por lo tanto puede ayudar a paliar en gran parte este problema (Vásquez, 2005).

2.1 Residuos

La OCDE la define como aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto que han sido producidos, por su parte la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, lo hace como, cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó (Racero y Pérez, 2006).

Para evitar problemas sanitarios o ambientales, los residuos se depositan normalmente en lugares previstos para su almacenamiento y luego es recolectada y transportada algún sitio de disposición final pertinente, es decir, tiraderos, vertederos, rellenos sanitarios, incineradores, plantas de reciclajes u otro lugar. La gestión de estos materiales residuales es una preocupación fundamental de todas las actividades englobadas en la gestión de residuos sólidos domiciliarios, ya sea a nivel de planificación local, regional o estatal.

2.1.1 Tipos de Residuos

En general, debido a su composición, los residuos se pueden dividir en tres grandes grupos (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1993):

2.1.1.1 Residuos orgánicos: Es todo desecho de origen biológico, alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cascaras y semillas de fruta, huesos y sobras de animales, etc.

2.1.1.2 Residuos inorgánicos: Es todo desecho de origen no biológico, es decir, de origen industrial o algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, etc.

2.1.1.3 Residuos peligrosos: Es todo desecho, ya sea de origen biológico o no, que constituye un peligro potencial y por lo cual debe ser tratado como tal, por ejemplo: materiales médico infecciosos, materiales radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas, etc.

2.1.2 Fuente generadora

Se clasifican también según su fuente generadora en:

2.1.2.1 Residuos sólidos urbanos: Estos tipos de residuos se dividen, a su vez en doméstica, comercial, institucional, construcción y demolición, servicios municipales, plantas de tratamiento (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1993).

2.1.2.2 Residuos industriales: Son aquellos residuos cuya fuente de generación proviene de construcciones, fábricas ligera y pesada, refinerías, plantas químicas, centrales térmicas, demolición, etc (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1993).

2.1.2.3 Residuos agrícolas: Son aquellos que provienen directamente de las diversas tareas relacionadas con la actividad agricultura, tales como: cosechas de campo, árboles frutales, viñedos, ganadería intensiva, granjas, etc (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1993).

2.1.3 Recolección

En términos generales, la recolección consiste en transportar los residuos sólidos desde su almacenamiento, en la fuente generadora, hasta el vehículo recolector y luego trasladarlos hasta el sitio de disposición final o la estación de transferencia (Racero y Pérez, 2006).

Según la OCDE, actualmente en Chile, cada municipio debe manejar el tema de los RSD en forma “privativa” de acuerdo a la ley orgánica de municipalidades. Es decir, el sistema de recolección- transporte- disposición de RSD opera a través de municipios, los que, en su uso de facultades privativas sobre la materia, pueden optar por mantener un servicio propio o entregarlo, parcial o íntegramente, en “concesión” a empresas privadas mediante un proceso de licitación pública.

Sin embargo, el termino recolección incluye no solamente la recolección o toma de residuos sólidos de diversos orígenes, sino también el transporte de estos residuos hasta el lugar

donde los vehículos de recolección se vacían. Además, la descarga del vehículo de recolección también se considera como parte de la operación de recolección. Mientras las actividades asociadas al transporte y la descarga son similares para la mayoría de los sistemas de recolección, la recolección o toma de residuos sólidos variara según las características de las instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan los residuos y los métodos utilizados para el almacenamiento de los residuos acumulados entre recolecciones.

Hoy en día el problema de la recolección de residuos puede dividirse en tres grandes grupos, industrial, comercial y domiciliario (Wy, Kim.B, Kim.S y Sahoo, 2010).

- **Recolección de residuos industriales**, se tienen clientes que requieren grandes contenedores para la eliminación de sus residuos, tales como: construcciones, industrias, grandes malls o centros de grandes ciudades, quienes producen enormes cantidades de basura. Estos contenedores son de gran tamaño, por lo que para llevar a cabo su recolección se utilizan tractores que transportan un contenedor a la vez (Baldacci, Bodin y Mingozi, 2006).

- **Recolección de residuos comerciales**, los vehículos recorren diferentes sitios comerciales tales como: restaurantes, pequeños centros comerciales y ciertas áreas comerciales. Los vehículos recolectan, en general, contenedores llenos y transportan la basura a los lugares correspondientes de eliminación (Baldacci, Bodin y Mingozi, 2006).

- **Recolección de residuos domiciliarios**, consiste en que los camiones recorren las calles de las ciudades para recoger y eliminar los residuos desde la acera. En este caso, son los propietarios de las casas los responsables de sacar periódicamente sus desperdicios, ya sea en bolsas o en basureros, y depositarlos en la puerta de su casa o en lugares predestinados, según el método de recolección vigente en su sector. El estudio se enfocara en este último tipo de recolección (Baldacci, Bodin y Mingozi, 2006).

2.1.3.1 Métodos de recolección de RSD

Se detallan tres sistemas para la recolección de RSD, los cuales incluyen en general, a la mayoría de los métodos recolecciones existentes.

- **Sistema tradicional o puerta a puerta**, consiste en que un camión dotado de un equipo de aproximadamente 4 hombres recorren las calles de los hogares, recogiendo casa a casa los residuos que la población deja en bolsas para luego depositarlas en el camión. La desventaja de este método es que las personas se ven obligadas a sacar los residuos solo en días y horas determinadas (2 veces por semana, Viña del Mar), este proceso de recolección es lento y se requiere de una gran cantidad de mano de obra (Angelelli y Speranza, 2002).

- **Sistema de carga lateral**, las personas deben depositar su residuos en contenedores(denominados “estándar”) localizados en la cercanía de su hogar para que luego grandes camiones se detengan a un costado de estos y a través de un sistema semiautomático, operado por el conductor desde la cabina, levante estos contenedores y vierta su contenido dentro del camión. Posteriormente, en algunos casos, pasa otro camión que de un modo similar, limpia y desinfecta estos contenedores. En contraste con el sistema anterior, aquí se reduce el tamaño de la mano de obra y los ciudadanos son libres de deshacerse de su basura cuando estimen conveniente (Angelelli y Speranza, 2002).
- **Sistema de carga lateral y carrocería desmontable**, consiste en un método similar al anterior, con la diferencia que los camiones llegan con contenedores muy grandes vacíos y se llevan los llenos. La ventaja es que la fase de recolección se puede separar de la de transporte, ya que especializados camiones se dedican solo a la recolección de residuos, mientras que camiones comunes se dedican al transporte (Angelelli y Speranza, 2002).
- **Método de esquina o parada fija**, consiste en trasladar el vehículo recolector a ciertos puntos predeterminados y esperar que los usuarios lleven su residuos en los horarios convenidos, de modo tal que son los mismos usuarios quienes llenan el vehículo recolector (Racero y Perez, 2006).

2.1.4 Disposición de residuos sólidos domiciliarios

El Banco Mundial estimó en el 2012, que el volumen de basura en el mundo era de 1.300 millones de toneladas al año. La mayor parte de estos termina en rellenos sanitarios o vertederos. El resto se recicla, se transforma en energía, compostaje o se termina en vertederos sin ningún tipo de control.

En los 34 países que conforman la OCDE, el 44% de los residuos se envían a rellenos sanitarios y vertederos, el 34% va a reciclaje y compostaje, mientras que el 20% se incinera para obtener energía. Este no es el caso de Chile que el 90% de los residuos van a rellenos sanitarios o vertederos y solo un 10% se recicla (CONAMA, 2012).

2.1.4.1 Relleno sanitario

Es un proceso utilizado para la disposición de residuos sólidos en la tierra, particularmente RSD. Es por lo tanto una forma de disposición final de RSD en la tierra, a través de su confinamiento en capas cubiertas con materia inerte, generalmente tierra según normas operacionales específicas, de modo de evitar daños o riesgos para la salud pública y la seguridad, minimizando los impactos ambientales(como es el caso del relleno sanitario EL MOLLE).

2.1.4.2 Vertedero

Es una forma de disposición final de residuos sólidos, que se caracteriza por la simple descarga (vertido) de los residuos sobre el terreno, sin medidas de protección para el medio ambiente o la salud pública. Es lo mismo que la descarga de residuos a cielo abierto.

Los residuos así tratados acarrearán problemas de salud pública, como proliferación de transmisores de enfermedades (moscas, mosquitos, cucarachas, ratas, etc.), generación de malos olores y, principalmente, la contaminación de la tierra y de las aguas superficiales y subterráneas a través del lixiviado (líquido de color oscuro, mal oliente y de elevado potencial contaminante, producido por la descomposición de materia orgánica contenida en los residuos sólidos) comprometiendo los recursos hídricos y el suelo. A esta situación se añade la absoluta falta de control en cuanto a los tipos de residuos recibidos en estos sitios, donde se acumulan inclusive desechos originados por servicios de salud y las industrias.

2.1.4.3 Estación de Transferencia

Actualmente las regulaciones medioambientales, la falta de espacio en las ciudades y la oposición pública han crecido fuertemente, forzando que la localización de los sitios de disposición final (rellenos sanitarios, plantas de reciclaje, incineradoras) sean ubicados cada vez más lejos de las áreas urbanas. La distancia extra que deben recorrer los camiones recolectores ha desencadenado en altos costos de transporte. Para hacer frente a esto, se han desarrollado e instalado las denominadas Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos (ETRS). Así, la basura es llevada desde la ciudad a los ETRS a través de vehículos especializados y luego es transportada a los sitios de disposición final por grandes camiones, trenes o barcas (Rahman y Kuby, 1995).

De este modo, el uso de los recursos usados en la recolección y transporte de basura como camiones y mano de obra, pueden ser utilizados más eficientemente si la basura es transportada al sitio de disposición final vía estaciones de transferencia (Kirca y Erkip, 1988).

Según el método utilizado para cargar los vehículos de transporte, se pueden clasificar las ETRS en tres tipos generales: 1) carga directa, 2) almacenamiento y carga, 3) combinadas carga directa y descarga-carga. También pueden clasificarse según su capacidad de rendimiento (Bajo, menos de 100t/d, Medio, entre 100 y 500t/d, Alto, más de 500t/d).

2.1.4.4 Sistema de contenedores

El sistema de recolección vía contenedor depende directamente del tipo de contenedor, de su capacidad y de la capacidad del camión recolector. Los sistemas de contenedores son idóneos para la recolección de residuos procedentes de centros con una alta generación, porque se utilizan contenedores relativamente grandes. El uso de contenedores reduce el tiempo de manipulación, así como las desagradables acumulaciones u condiciones poco

sanitarias asociadas al no uso de ellos. Otra ventaja de los sistemas de contenedores es su flexibilidad: hay contenedores disponibles en muchos tamaños y formas diferentes para la recolección de todo tipo de residuos.

Tabla 2 Capacidad de los contenedores disponibles para ser usados.

Vehículo	Tipo de contenedor	Capacidades de contenedores, m³
Sistema de contenedor grande		
Camión montacargas	Utilizado con compactador estacionario.	4.5 – 9 m ³
Camión basculante	De caja abierta. Utilizado con compactador estacionario.	9-38 m ³
	Equipado con mecanismo de compactación propio.	11-30 m ³
		15-30 m ³
Camión tractor remolque	Remolque de basuras abierto.	11-30 m ³
	Contenedores cerrados montados sobre remolques equipados con mecanismos de compactación propios.	15-30 m ³
Sistema de caja fija o estándar		
Compactador mecánicamente cargado.	Cerrado y de carga lateral. Contenedores especiales utilizados para la RSD de viviendas individuales.	1-6 m ³ 0,17-0,34 m ³
Compactador manualmente	Contenedores pequeños de plástico o	0,06-0,16 m ³

cargado.	metal galvanizado, bolsas desechables de papel y plástico	
-----------------	---	--

Fuente: Adaptado en base a información obtenida de empresa Cosemar S.A.

2.2 Logística

Se habla de logística a todo movimiento y almacenamiento que facilite el flujo de productos o servicios desde el punto de compra de los materiales hasta el punto de consumo, así como de los flujos de información que se ponen en marcha, con el fin de dar al consumidor el nivel de servicio adecuado a un costo razonable (Ballou, 1999).

En términos generales es parte de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo eficiente y efectivo de materiales y almacenamiento de productos, así como la información asociada desde el punto de origen hasta el de consumo con el objetivo de satisfacer las necesidades de los consumidores (Ballou, 1999).

2.2.1 Transporte

El transporte en logística es hablar del movimiento de carga en todas sus formas conocidas: aérea, marítima o terrestre como es el caso en estudio, mediante las cuales se trasladan productos o servicios de importancia en el momento preciso y en el destino deseado según una planificación de la demanda. El sistema de transporte es el componente más importante para una organización que trabaja con flota de camiones y es uno de los costos logísticos más elevados (Valenzuela, 2013).

2.2.2 Rutas de recolección

Una fase importante del sistema de recolección de RSD, es la que comúnmente se conoce como ruta, la cual no es otra cosa que los recorridos específicos que deben realizar diariamente los vehículos recolectores en las zonas de la localidad, donde han sido asignadas con el fin de recolectar en la mejor forma posible los residuos generados por los habitantes de dicho sector.

El desarrollo económico sufrido en las últimas décadas y los cambios en patrones de productos de consumo, refleja serios problemas en la prestación de los servicios públicos, destacan por su importancia los altos costos del servicio para la recolección, manejo y transporte de RSD. Tanto la capacidad de los camiones, las distancias, el crecimiento acelerado de nuevos centros de población, además del mal diseño de las rutas contribuye a que el servicio de recolección no cumpla con las expectativas esperadas de este servicio.

En la mayoría de los casos, las rutas se diseñan de forma intuitiva. En vez de ser creadas a partir de un estudio técnico, de ahí que los tiempos y gastos en combustible se vean incrementados (Ballou, 1999).

2.2.3 Diseño de rutas

Dado que los costos de transporte normalmente se hallan entre un tercio y dos tercios de los costos logísticos totales, mejorar la eficiencia mediante la máxima utilización del equipo de transporte y de su personal es una preocupación importante en el diseño de rutas (Ballou, 1999).

2.2.4 Macroruta

Se compone por la división de la ciudad en sectores operativos, a la determinación del número de camiones necesarios en cada una y a la asignación de un área del sector en cada vehículo recolector. El macroruteo consiste en dos etapas: proyecto de gabinete que es donde se hace el cálculo teórico de las necesidades u áreas asignadas a cada vehículo y ajustes de campo que se enfoca en balancear y nivelar las cargas de trabajo entre las diferentes cuadrillas (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).

2.2.4.1 Sectorización

El primer paso será, sobre un plano de la ciudad, dividir la recolección en grandes zonas lo más homogéneas posible en cuanto a sus características de producción de residuos, topográfica, tipo de residuos y cuyos límites estén delimitados por accidentes geográficos o por instalaciones urbanas.

No existe algoritmo o programa para macrorutear, el diseñador de estas, contando con los elementos descritos, dividirá la ciudad en n áreas iguales, de tal forma que cada una de esas áreas genere aproximadamente la cantidad de RSD que llene un camión durante su recorrido dentro de estas (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).

2.2.4.2 Producción de residuos

Para determinar la producción de RSD, en kilogramos/habitante/día, es preciso pesar todos los vehículos recolectores durante una semana y dividir la carga total por la población atendida y por siete días. Sin embargo, a menudo esto es muy difícil de realizar si no se cuenta con un censo de población en el sector. Para un primer cálculo basta conocer el valor de "G" promedio de la ciudad (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).

2.2.4.3 Frecuencia de recolección

La frecuencia “F” resulta de las decisiones previas a tomar en la recolección; mientras menor sea la frecuencia, más económica es la recolección. Como la mosca tarda entre 9 y 20 días en llegar de huevo a adulto, por razones sanitarias no conviene reducir la frecuencia a menos de 2 veces por semana y como límite una vez por semana. En América Latina es un lujo innecesario la recolección diaria por su alto costo y es riesgosa para la salud la frecuencia menor a dos veces por semana (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).

2.2.4.4 Capacidad del vehículo

La capacidad depende del volumen de la caja y de la densidad que alcanzan los RSD, dependiendo esta misma de la existencia de mecanismo compactadores. Normalmente la capacidad de los vehículos se expresa en m³ pero conociendo el peso específico “e” en Kg/m³ de los residuos sueltos y el grado de compactación” que se puede esperar en el recolector. La capacidad útil está dada por:

$$C = V \times Pv$$

Dónde:

Tabla 3: Variables necesarias para obtener la capacidad del vehículo.

C	Capacidad del vehículo en kg
V	Volumen de la caja del vehículo, en m ³
Pv	Peso volumétrico de los residuos sólidos en el vehículo en kg/m ³

Fuente: Adaptado de (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).Manual de Evaluación de Proyectos para el Servicio de Limpia Municipal.

2.2.4.5 Numero de viajes por turno

El número de viajes por turno puede ser 1,2, o 3, y eventualmente 4. En un primer cálculo puede considerarse N=2 pero más adelante se explica cómo ajustarlo según el tiempo disponible.

Una vez definidos los parámetros anteriores, determinaremos: el número de vehículos necesarios, número de viajes por vehículo; capacidad útil del vehículo; tamaño de la cuadrilla; distancia productiva y los ajustes.

2.2.4.6 Número de vehículos necesarios

El número de vehículos necesarios para el sector de recolección se encuentra con la siguiente fórmula:

$$Nv = \frac{G \times P \times 7 \times Fr \times K}{N \times C \times dh}$$

Dónde:

Tabla 4: Variables necesarias para obtener número necesario de vehículos.

Nv	Número de vehículos necesarios en que se dividirá el sector
$\frac{7}{dh}$	Relación que toma en cuenta los RSD generados entre los días que se trabaja.
Fr	Factor de reserva que va entre 1,07 al 1,20 según el estado, edad y mantenimiento de la flota.
K	Factor de cobertura, 1 en sectores céntricos y 0,8 en la periferia.

Fuente: Adaptado de (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002). Manual de Evaluación de Proyectos para el Servicio de Limpia Municipal.

2.2.4.7 Distancia productiva

El valor de “a” es la distancia que recorre el vehículo cargando residuos dividida por la distancia total que recorre la ruta, varía entre 0,6 a 0,9 en los países de Latinoamérica.

2.2.4.8 Tiempo disponible

Se expresa en minutos y resulta de restar del tiempo de la jornada legal de trabajo el tiempo empleado en ir desde el garaje al inicio de la recolección, el gastado en ir y regresar de los lugares de disposición y el regreso al garaje (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).

2.2.4.9 Velocidad de recolección

Es una constante en los países latinoamericanos y se puede establecer dividiendo la distancia recorrida en sus rutas existentes por el tiempo empleado (Varía entre 1,5 a 1,9 km/hr).

2.2.4.10 Número de casas por vehículo

El número de casas que puede servir un vehículo se estima a través de la siguiente fórmula:

$$u = \frac{N \times C \times F}{Hc \times G}$$

Dónde:

Tabla 5: Variables necesarias para obtener el número de casas por vehículo.

u	Usuarios servidos por el vehículo en una jornada normal de trabajo
N	Número de viajes que puede realizar el vehículo en la jornada
C	Capacidad del vehículo (Kg)
F	Frecuencia de recolección
Hc	Habitantes promedio por casa
G	Producción de residuos (kg/hab/día)

Fuente: Adaptado de (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002). Manual de Evaluación de Proyectos para el Servicio de Limpia Municipal.

2.2.4.11 Tamaño de la cuadrilla

Es uno de los parámetros esenciales para optimizar el uso del vehículo recolector de acuerdo con el tamaño de la caja y se puede estimar a través de la siguiente relación:

$$Nr = \frac{N \times C}{R \times H}$$

Dónde:

Tabla 6: Información necesaria para obtener el tamaño de la cuadrilla.

Nr	Número de recolectores
N	Número de viajes que puede efectuar el vehículo durante la jornada normal de trabajo
C	Capacidad útil del vehículo (kg)
R	Rendimiento (kg/ hombre-hora)
H	Duración de la jornada normal (horas)

Fuente: Adaptado de (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002). Manual de Evaluación de Proyectos para el Servicio de Limpia Municipal.

2.2.4.12 Distancia que cubre el vehículo de recolección

Para determinar la distancia que recorre el vehículo durante el turno, consideramos la velocidad de avance del vehículo y el tiempo disponible para la recolección, esta distancia se determina mediante la siguiente expresión:

$$km = \frac{T \times r}{60}$$

Es importante considerar que en una ruta de recolección hay distancias productivas, es decir, aquellas en que se está cargando los residuos sólidos y distancias muertas, en las que el vehículo se desplaza de un lugar a otro sin cumplir trabajo efectivo. Si llamamos “a” a la distancia productiva que puede recorrer el vehículo en el tiempo t, obtendremos la distancia que se cubre en la recolección:

$$km = \frac{a \times T \times r}{60}$$

En donde:

Tabla 7: Información necesaria para obtener la distancia que cubre la recolección.

a	Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total.
T	Tiempo disponible para la recolección en minutos.
r	Velocidad de avance del vehículo durante la recolección (km/hr)

Fuente: Adaptado de (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).Manual de Evaluación de Proyectos para el Servicio de Limpia Municipal.

2.2.4.13 Balance de rutas

Se trata de determinar el tamaño de cada una de las rutas en forma tal que la cantidad de trabajo diario que realiza la cuadrilla se similar a la de cualquier otra, con el máximo de utilización de los recursos. El tamaño de cada una de las rutas generalmente se determina en función del número de viviendas o kilómetros de recolección a servir. Una vez obtenido la distancia que cubre la recolección se compara con la distancia recorrida actual para saber si es necesario realizar ajustes o no (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).

El diseño de rutas consiste principalmente en aumentar los alores de “a”, es decir, que las distancias productivas sean máximas y que las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible, pueden darse 3 casos:

Tabla 8: Casos que se pueden dar en el balance de rutas.

$Distancia\ recorrida > \frac{a \times T \times r}{60}$	El tiempo disponible no alcanza para cumplir la tarea y es preciso hacer ajustes
$Distancia\ recorrida > \frac{a \times T \times r}{60}$	Sobra tiempo disponible
$Distancia\ recorrida > \frac{a \times T \times r}{60}$	Situación ideal

Fuente: Adaptado de (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).Manual de Evaluación de Proyectos para el Servicio de Limpia Municipal.

Capítulo 3: Estado del Arte

3.1 Residuos sólidos domiciliarios en el mundo.

Las naciones más desarrolladas son las que mayor cantidad de basura generan por persona y día. De este modo Europa occidental y Norteamérica aparecen como las zonas en que se generan mayor cantidad de residuos urbanos. A su vez son los países que cuentan con mayores recursos financieros para implementar sistemas de prevención y tratamiento post recolección de RSD para evitar en gran medida la disposición final en rellenos sanitarios y vertederos, como se refleja en la pirámide invertida de tratamientos de residuos de Norte América y Europa.

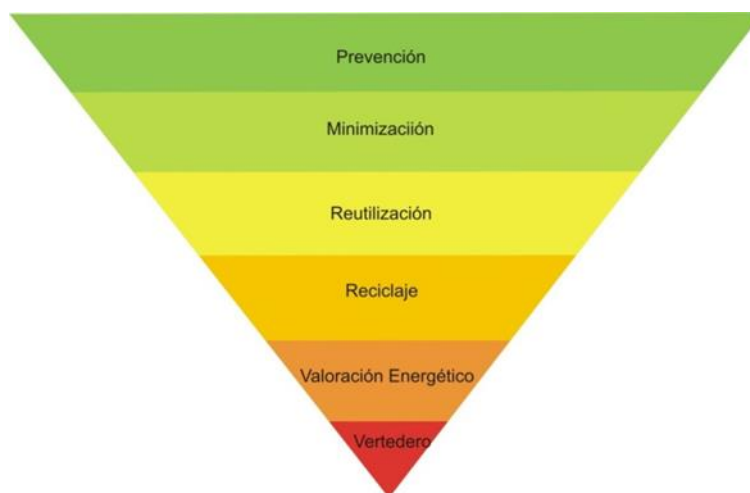


Figura 3: Pirámide invertida de tratamientos de residuos en Norteamérica y Europa.

Fuente: Adaptado en base a Sanchs (2002). Globalización y sustentabilidad.

Lo que tiene más importancia para estos países es prevenir y minimizar la producción de residuos, luego que ya se tienen, la segregación de estos para una posterior reutilización y reciclaje, terminando con la disposición final en vertederos o rellenos sanitarios.

A continuación se ejemplifica la forma de tratar el problema de la recolección domiciliar en Unión Europea y el Mundo.

Unión Europea, ha establecido una directiva sobre rellenos sanitarios, que tiene como objetivo prevenir o reducir los daños para el medio ambiente generados por el vertido de residuos. Establece la obligación de los Estados miembros de presentar un informe trianual sobre el seguimiento de la directiva, manifestándose en la aplicación de impuestos a los rellenos sanitarios y los incineradores (Sachs, 2002).

Durante el año 1995 el destino de los residuos sólidos municipales (valor promedio entre los países miembros) fue el siguiente: 68% relleno sanitario, 5% compostaje, 10% reciclaje y 17% incineración.

Dinamarca, desde los años 90, los municipios aplican impuestos que oscilan entre los \$21.000 y \$35.000 en pesos chilenos por basura generada (Sachs, 2002). Estos impuestos tienen como objetivo reducir el uso de los rellenos sanitarios y mantener apoyo a otras opciones de manejo como el compostaje, el reciclaje y la recuperación de energía.

Alemania, el gobierno requiere que las tiendas de minoristas recolecten las cajas de los cereales en el punto de venta. Los consumidores pagan por el producto, luego abren la caja y vacían el contenido en recipientes que llevan desde sus casas, para luego colocar las cajas vacías en los contenedores de recolección (Sachs, 2002). En este sentido, se establece que los fabricantes ya no son solamente responsables de comercializar su producto, sino que deben hacerse cargo de todo su ciclo de vida. Es responsabilidad del empresario la correcta gestión del producto convertido en residuo una vez acabada su vida útil.

En Chile esto se aplicara con la nueva Ley REP: Responsabilidad Extendida del Productor, con 15 años de desfase.

Estados Unidos, existe un sistema para el manejo municipal de RSD llamado "Pay as You Throw (PAYT)", que consiste en que "se paga según cuanto se bota", es decir, a cada hogar se le cobra por la recolección de basura según la cantidad que genera. Este sistema han logrado que la población comenzara a preferir productos con pocos envoltorios, desarrollar campañas de reciclaje en sus casas y a practicar la costumbre de reparar y reutilizar (Covarrubias, 2004). En el 2012 cada habitante produjo 2,3 kg de basura/hab- día.

De acuerdo con un reporte de la agencia ambiental norteamericana (US EPA), durante el año 1997 el destino de los residuos sólidos municipales (domiciliarios más otros tipos de residuos no peligrosos) fue la siguiente: 55% fue dispuesto en rellenos sanitarios, el 28% fue reciclado (incluido el compostaje) y el 17% incinerado.

Esto refleja que la situación que vive actualmente nuestro País y el resto de América Latina es lo que se vivió en Estados Unidos y la Unión Europea hace aproximadamente 30 años atrás. Es por esto que la pirámide de tratamiento de residuos para nosotros es invertida en la actualidad.

3.2 Residuos sólidos domiciliarios en América Latina

En América Latina es donde menos kg de basura por habitantes al día se genera, pero donde no son países desarrollados no cuentan con el financiamiento necesario para implementar sistemas de reciclaje o valorización energética, por lo que un 90% en promedio de los residuos domiciliarios es depositado en rellenos sanitarios o vertederos (Acurio, Rossin, Teixeira y Zepeda, 1997).

Argentina, en algunas ciudades se aplica una Ley de “Basura Cero” donde las gestiones del gobierno están integradas bajo un enfoque común(basura cero) con metas concretas, a cumplir en lapsos de tiempo definidos, para reducir progresivamente la disposición final de los residuos(Greenpeace Argentina , 2005).

Brasil, en la ciudad de Curitiba se ahorró millones de dólares al implementar una campaña educativa y de trabajo donde se involucró a todos los ciudadanos (Organización de Naciones Unidas, 2010).Comenzaron con inculcar en la gente la costumbre de separar la basura en la forma más simple, entre orgánico y lo no orgánico. Posteriormente, se contrató a mucha gente que se encontraban sin empleo para que realizaran la recolección y separación de los materiales reciclables como el papel, plástico, metales, etc., y por ultimo crearon un sistema en donde a los ciudadanos se les entregaba bonos para el transporte público por los kilos de basura que recolectaban. Con esto se solucionó tres problemas que sufren actualmente la mayoría de las grandes ciudades. La contaminación, cesantía y congestión vehicular, esto último ya que la población prefirió utilizar el transporte público con sus bonos gratis, antes de utilizar sus automóviles que les significaba costo mayor (Barrera, 2005)

En Brasil la disposición final de los RSD en los municipios brasileros se reparte (76% vertederos, 23% rellenos sanitarios, 1% pasa por tratamiento (compostaje, reciclaje e incineración).

Venezuela, el 80% de los residuos producidos permanecen a cielo abierto, y un porcentaje muy pequeño son separados informalmente para ser reciclados.

Uruguay, casi la totalidad de los departamentos tienen vertederos a cielo abierto. La disposición final en rellenos sanitarios es del 10%. No hay datos del porcentaje de residuos que no son enterrados debido a las experiencias de clasificación para el reciclaje, las que existen, a nivel departamental, regional, zonal, barrial e informal (Acurio, Rossin,Teixeira y Zepeda, 1997).

Figura 4: Pirámide de tratamiento de residuos en América Latina.



Fuente: Adaptado en base a Sanchs (2002). Globalización y sustentabilidad.

Se refleja en la pirámide que en cuanto a gestión de los residuos, Chile y los países de Latinoamérica se encuentra en la misma situación de EEUU y la Unión Europea hace ya 30 años. Este año un informe de la ONU, América Latina y el Caribe señala que el mayor problema es la existencia de vertederos a cielo abierto. En la región se produce un volumen de casi 540.000 toneladas diarias y se calcula que para el 2050, los residuos producidos en esta parte del continente lleguen a las 671.000 toneladas cada día. Además de la acumulación de estos materiales, el mayor problema es el destino final de los desechos (Organización Naciones Unidas, 2018).

3.3 Residuos sólidos domiciliarios en Chile

3.3.1 Generación de residuos en Chile

La generación de residuos a nivel nacional ha ido aumentando progresivamente. Entre el 2000 y el año 2009 la generación de residuos aumento en un 39%. A continuación en la tabla 2 se presenta una evolución temporal de la generación de residuos en Chile junto algunos indicadores relacionados, para un periodo comprendido entre el año 2000 y 2009, en este año es donde se obtienen registros y cuya información se encuentra resumida en el Primer Reporte sobre Manejo de Residuos Sólidos en Chile, elaborado el 2010 y del cual no se encuentra actualización (CONAMA, 2010).

Tabla 9: Generación de residuos sólidos en Chile.

Año	2000	2005	2009
Población (hab)	15,45 millones	16,34 millones	16,9 millones
PIB (USD)	77.404 millones	118.250 millones	161.781 millones
Generación de residuos sólidos (Ton)	12 millones	14,6 millones	19,6 millones
Generación de residuos sólidos per cápita(ton/hab)	0,78	0,89	1,16

Fuente: Adaptado en base a CONAMA (2010) .Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Chile, como un reflejo de lo que ocurre en américa latina, el 90% de los RSD son depositados en rellenos sanitarios y vertederos ilegales (microbasurales), solo un 10% se recicla. Chile es uno de los países con mejor cobertura de retiro de residuos domiciliarios con un alcance del 97,7% sin embargo las falencias están en los procesos posteriores, donde deben tratarse los residuos, esto se refleja en la pirámide de tratamiento de residuos que se

mostró anteriormente. En promedio en el 2012, cada persona produce 1,08 kg de basura/hab- día. Según cifras del Ministerio de Medio Ambiente hay 38 rellenos sanitarios en el país, que cubren el 77% de las casi 7 millones de toneladas que se generaron en nuestros hogares, el 23% restante es cubierto por 47 vertederos, de los cuales 20 no tienen autorización sanitaria.

Puerto Williams, Cabo de Hornos y Punta Arenas desde el año 2013 son pioneros en cuanto a cuidado del medio ambiente, eliminaron el uso de las bolsas plásticas que se plasmó en el Decreto Alcaldicio 1033.

En **Quilpué** se aprueba proyecto de creación de una Estación de Transferencia para mejorar la eficiencia de la recolección y transporte de RSD.

Viña del Mar, genero un aumento de un 43% al año 2016 con lo que se recolecto 141 mil toneladas de basura. El estudio de tiempos y rutas se realizó en el sector de Reñaca Alto con una superficie de 734 Hectáreas y una población de 29.082 habitantes (INE, censo 2017) genero 2,4 mil toneladas en el año 2015.

3.3.2 Tarifación de residuos sólidos domiciliarios

En Chile, el sistema tarifario se basa en un cargo fijo, igual para todos los usuarios del sistema, independiente de la cantidad de residuos generada. Los municipios son las encargadas de determinar anualmente los costos de sus respectivos servicios de aseo domiciliario (DL N°3.063/7143, Ley de rentas municipales). A pesar que la legislación fue modificada, estos costos aún son distribuidos por igual entre el número total de usuarios y son independientes de la cantidad de residuos generada.

La determinación de la tarifa por parte de la municipalidad comprende los gastos de personal, gasto de vehículos, gasto de disposición final, gasto de capital, servicios prestados por terceros, gastos de arriendo y gastos varios. Hasta 1995 los costos de los servicios de aseo debían ser divididos entre el número de usuarios de forma de distribuirlos en forma uniforme entre todos ellos. Asimismo, las tarifas de aseo se cobraban solo aquellas propiedades, afectas al pago de Impuestos Territorial, que representan un 30% de total de predios. Esto implica un alto subsidio de parte de las municipalidades. En 1995 se modificó la Ley de Rentas Municipales, en la que se autoriza a las municipalidades introducir un sistema de cobro sobre la base de volumen o masa de residuos generados por cada usuaria; exime el pago de derecho de aseo a los usuarios cuya vivienda tenga un avalúo fiscal inferior a 25 UTM, a continuación se muestra una tabla de extensión y rebajas para la tarifa de aseo domiciliario.

AVALUO FISCAL POR ROL PREDIAL			COSTO TARIFA ANUAL DE ASEO		\$ 51.715
TRAMO	DESDE	HASTA	VALOR CUOTA	VALOR CUOTA ANUAL POR PREDIO	SUBSIDIO MUNICIPAL
1	\$ -	\$ 11.000.000	EXENTOS		\$ 51.715
2	\$ 11.000.001	\$ 12.500.000	\$ 5.800	\$ 23.000	\$ 28.715
3	\$ 12.500.001	\$ 14.000.000	\$ 8.000	\$ 32.000	\$ 19.715
4	\$ 14.000.001	SUPERIOR	\$ 12.000	\$ 48.000	\$ 3.715

Figura 5: Extensiones y rebajas para la tarifa anual de servicio de aseo domiciliario.

Fuente: Ley de Rentas Municipales, 2004.

La tarifa de cobro de los servicios de aseo es plana e igual para todos los usuarios, independiente de la cantidad de residuos generados y se calcula dividiendo el costo total del servicio por el número total de usuarios. Como se observa en la tabla anterior aquellos predios con un valor inferior a 25 UTM están exentos del pago de derechos de aseo, por esta razón la recaudación es inferior al costo total del servicio, lo que ha ocasionado que en promedio solo se recaude el 30% de los costos de recolección y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios. El 70% restante es financiado por los municipios.

Capítulo 4: Desarrollo de la Metodología DMAIC

4.1 Definir

4.1.1 Personal de Aseo

El departamento de aseo cuenta con personal municipal y personal contratado por empresa externa.

Tabla 10: Personal departamento aseo y ornato.

Personal Aseo	
Personal Externo	173
Personal Aseo	64
Personal Municipal	11
Total	248

Fuente: Elaboración propia en base datos otorgados por la organización.

4.1.1.1 Personal Externo: Es el personal contratado por la empresa Gonzales y Fierro Ltda. y corresponden a los operarios que realizan los distintos procesos (recolección domiciliaria, desmalezado, micro-basurales, voluminosos, verde) y a conductores que prestan servicio a los supervisores municipales.

4.1.1.2 Personal Aseo: Es el personal que trabaja por honorarios y que corresponde a las cuadrillas de limpieza de plazas, podas de palmeras y eliminación de plantas secas.

4.1.1.3 Personal Municipal: Es el personal contratado por el municipio, son los conductores de los camiones recolectores de residuos y los funcionarios municipales que cumplen cargos de dirección, jefatura, supervisión y administrativa.

4.1.2 Zonas de Recolección

Los servicios de aseo y limpieza de las vías públicas se encuentran operacionalmente divididos en 12 zonas territoriales que se muestran a continuación.

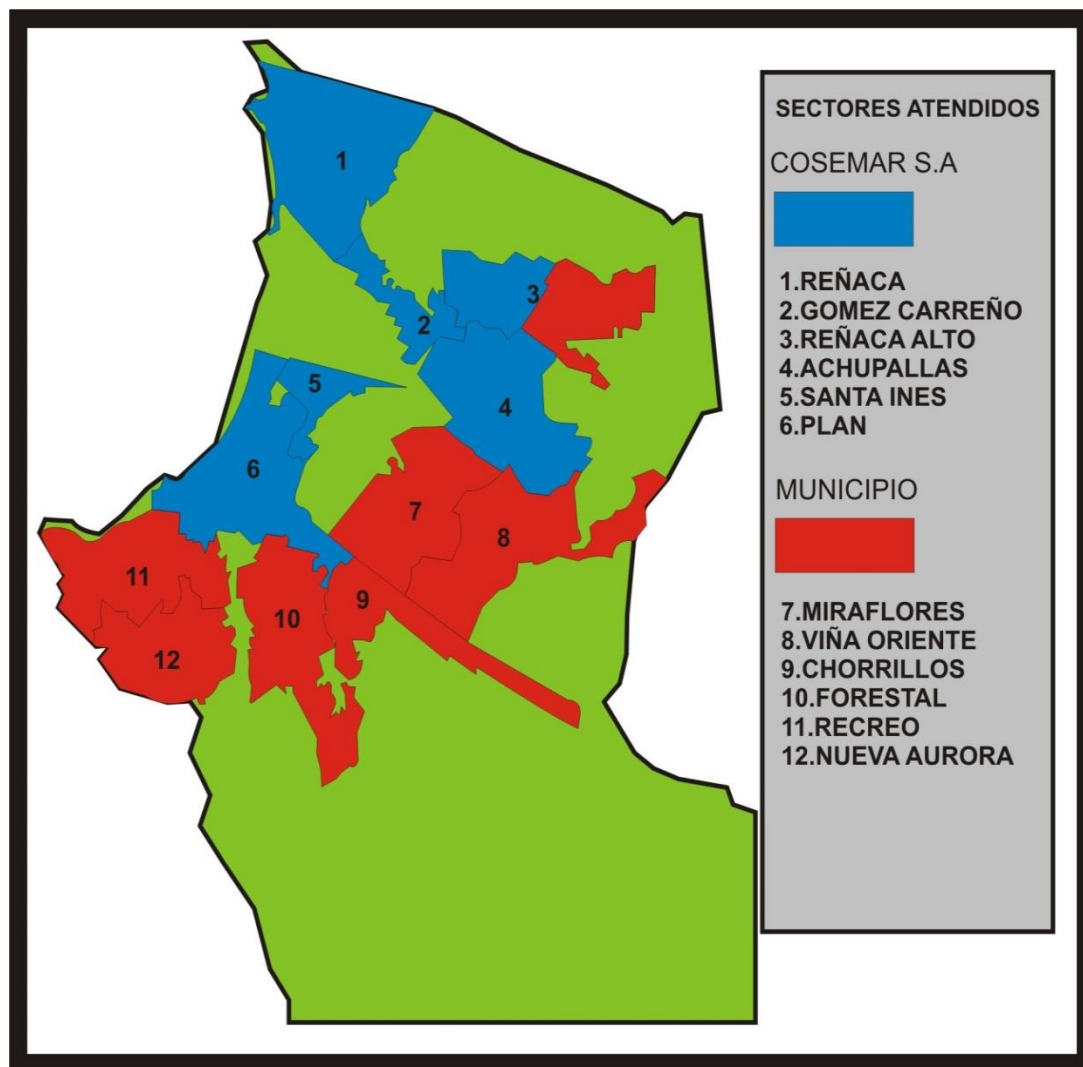


Figura 6: Mapa con zonas de recolección en la Comuna de Viña del Mar por Municipio y COSEMAR S.A.

Fuente: Elaboración propia en base datos otorgados por la organización.

Se refleja en el mapa que los sectores atendidos por medio de contenedores, son en los cuales la morfología del terreno cuenta con pendientes menos pronunciadas, además de calles pavimentadas y con fácil acceso.

A diferencia de los cerros de Viña del Mar, en los cuales muchas veces los camiones no tienen acceso y la única forma de recolectar sus residuos es por medio de operarios que se dirigen al domicilio en busca de los desechos para luego transportarlos al camión recolector. Estos camiones realizan las rutas que se mostraran en la figura 7.

4.1.3 Rutas de Recolección

En la actualidad existen 22 sectores de recolección, cada uno de ellos con 3 rutas distintas y una frecuencia de recolección de 2 veces por semana.

RUTAS DE RECOLECCION 2016							
Nº	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Sector
1	1ACA	2ACA	3ACA	1ACA	2ACA	3ACA	Achupallas
2	1CHA	2CHA	3CHA	1CHA	2CHA	3CHA	Chorrillos
3	1FOA	2FOA	3FOA	1FOA	2FOA	3FOA	Forestal Alto
4	1FOB	2FOB	3FOB	1FOB	2FOB	3FOB	Forestal Alto
5	1FOC	2FOC	3FOC	1FOC	2FOC	3FOC	Forestal Alto
6	1FOD	2FOD	3DOD	1FOD	2FOD	3DOD	Forestal Alto
7	1RAC	2GNA	3GEA	1RAC	2GNA	3GEA	G.Navales-ExViña-Santa Julia N
8	1MIB	2MIB	3MIB	1MIB	2MIB	3MIB	Miraflores Alto
9	1NAA	2NAA	3NAA	1NAA	2NAA	3NAA	Nueva Aurora
10	1NAB	1NAB	3NAB	1NAB	1NAB	3NAB	Nueva Aurora
11	1RAA	2RAA	3RAA	1RAA	2RAA	3RAA	Reñaca Alto
12	1RMIA	2RMIA	3RMIA	1RMIA	2RMIA	3RMIA	Miraflores Alto
13	1RMIB	2RMIB	3RMIB	1RMIB	2RMIB	3RMIB	Miraflores Alto
14	1RMIC	2RMIC	3RMIC	1RMIC	2RMIC	3RMIC	Miraflores Alto
15	1VIA	2VIA	3VIA	1VIA	2VIA	3VIA	Villa Independecia
16	1SJA	2SJA	3SJA	1SJA	2SJA	3SJA	San Julia Sur
17	1VDA	2VDA	3VDA	1VDA	2VDA	3VDA	Villa Dulce
18	1VHB	2VDB	3VHA	1VHB	2VDB	3VHA	Villa Hermosa
19	1VMA	2VMA	3VMA	1VMA	2VMA	3VMA	Viña del Mar Alto
20	ESLU	ESMA	ESMI	ESJU	ESVI	ESSA	Especial Comercial
21	HOLU	HOMA	HOMI	HOJU	HOVI	HOSA	Hospitales y Clinicas
22	1RVR	2RVR	3RVR	4RVR	5RVR		Residuos Verdes

Figura 7: Rutas de recolección.

Fuente: Elaboración propia en base datos otorgados por la organización.

Se ve en la figura anterior que existen sectores que cuentan con más de una zona de recolección de RSD, como es el caso de Forestal, Miraflores, Nueva Aurora. Esto se debe a que existen lugares en donde la recolección por medio de contenedores no se puede realizar como se mencionó anteriormente.

4.1.4 Descripción del Problema

El inadecuado manejo de residuos sólidos en Viña del Mar constituye un problema de gran envergadura en la comuna, que deriva en una serie de efectos negativos en la calidad de vida de los habitantes.

La configuración geomorfológica de cerros y quebradas y la historia social y cultural de la población, explican los complejos procesos de poblamiento de la comuna, caracterizados por expansiones urbanas no planificadas y espontaneas, y por la existencia de tomas sin regularización de terrenos ni urbanización, principalmente en los sectores altos de los cerros y en el entorno de las quebradas, donde se incrementan los riesgos naturales y antrópicos para la población.

Precisamente es en estos sectores donde se identifican las mayores dificultades en el manejo de residuos sólidos, en particular el domiciliario, por lo que no se brinda un óptimo servicio de recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios (RSD): calles angostas, fuertes pendientes y en muchos casos inexistencia de vialidad, imposibilitan el acceso de camiones recolectores a lo totalidad de los puntos de retiro o complican la implementación de sistemas de contenerización de los residuos.

Se le suma a esto tarifas no diferenciadoras por el cobro del servicio de aseo municipal, lo que provoca que los ingresos por entrega del servicio, sea menor que los costos, por lo que existen menos recursos.

El departamento Municipal depende en un 100% de su flota para el cumplimiento de sus funciones y al no tener GPS para el seguimiento en tiempo real de los camiones, lleva consigo una mala entrega del servicio, por tener una ineficiente gestión de flota, al no tener el control de las variables de los procesos realizados. Tampoco dispone de un diseño de rutas, lo que refleja que los municipios aparte de no contar con suficientes recursos, tampoco disponen de una buena planeación para ampliar su cobertura adecuadamente y con menores costos, sobre todo para los lugares periféricos con dificultades de acceso o en zonas de reciente creación.

La lejanía del relleno sanitario en relación a los puntos de recolección, provoca que los conductores se dirijan por horas a al lugar de disposición final, en donde tienen que esperar para ser tarado, si es que algún otro camión llego primero para ser pesado, este tiempo perdido tiene como consecuencia directa el abandono del punto hasta la próxima recolección, además de un aumento en los costos operativos.

Una aproximación más fina del problema permite distinguir dos tipos de causales: una de tipo objetivas y otras de índole subjetivas. Entre las primeras se incluyen la mencionada conformación geomorfológica de la ciudad, la deficitaria dotación de equipamiento, maquinaria y capacidad de fiscalización municipal y el déficit de urbanización (alcantarillado, agua potable, pavimentación y áreas verdes) en sectores altos, Reñaca Alto, Forestal, etc.

Las causales subjetivas se asocian al componente socio-cultural como factor explicativo de conductas inapropiadas: se identifica un déficit educacional en torno al cuidado del medio ambiente.

Los sectores altos de los cerros carecen de una cultura de apropiación y uso de sus pocos espacios públicos y áreas verdes, aferrándose a su espacio privado y a su entorno inmediato "detrás de su reja", por lo que el sentimiento de compromiso individual con un proceso de construcción de lo local y desde lo local con un proyecto ciudad es inexistente en gran parte de los casos.

Como aspecto fundamental para mejorar la gestión de los residuos sólidos se requiere instaurar en la comunidad un sentido de responsabilidad social, que impulse el cambio conductual de eliminar residuos en sectores inadecuados y fomentar la auto-fiscalización, para así contribuir con las gestiones de la autoridad.

Una forma de lograr este cambio consiste en recuperar quebradas y espacios públicos incorporando a la comunidad en el proceso y así lograr la identificación y apropiación de los proyectos, facilitando la mantención y arraigo de estos en el tiempo.

El Municipio debe asumir el rol que le da la normativa, pero también debe actuar como coordinador del gobierno local de Valparaíso y no actuar como único agente solucionador del problema, debe buscar soluciones compartidas con otros organismos tanto públicos como privados, pero esencialmente con la comunidad, los vecinos y vecinas de Viña del Mar. Con respecto al rol de la autoridad local y otras Instituciones del Estado, estas también deben enfocarse en fortalecimiento de medidas preventivas, las que debiesen orientarse a entregar a la ciudadanía las herramientas necesarias para contribuir con la fiscalización y el cumplimiento de la normativa aplicable estableciendo una relación simbiótica que contribuya de forma eficiente con la solución del problema, como también generar procesos educativos permanentes en el tiempo.

Con lo anterior, es posible graficar el análisis del problema según se ilustra en el árbol del problema de la figura siguiente.

Árbol de problemas para el manejo inadecuado de residuos sólidos domiciliarios comuna de Viña del Mar

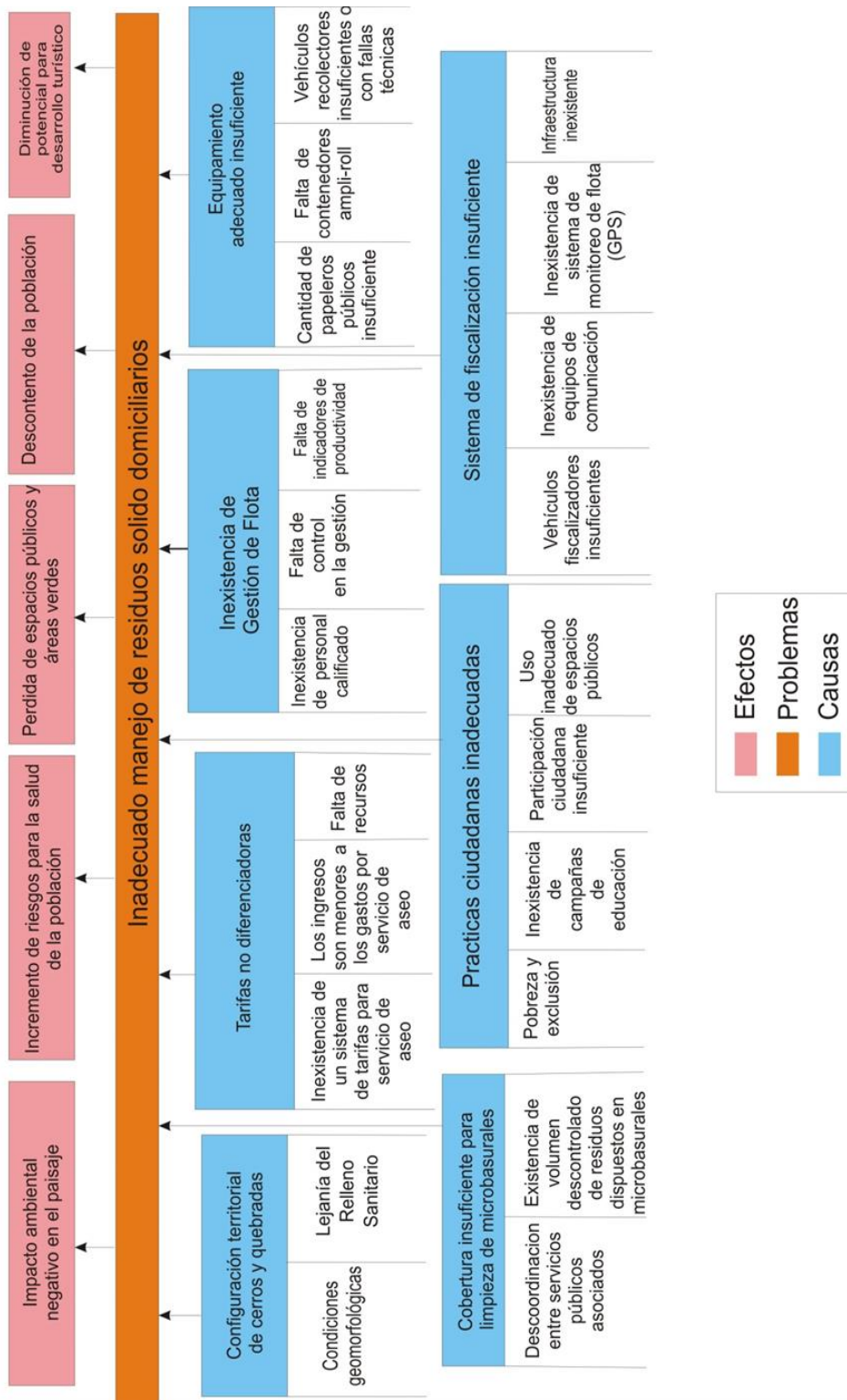


Figura 8: Árbol del Problema.

Fuente: Elaboración Propia.

Para ayudar a entender mejor el proceso se crea el mapa SIPOC siguiente.

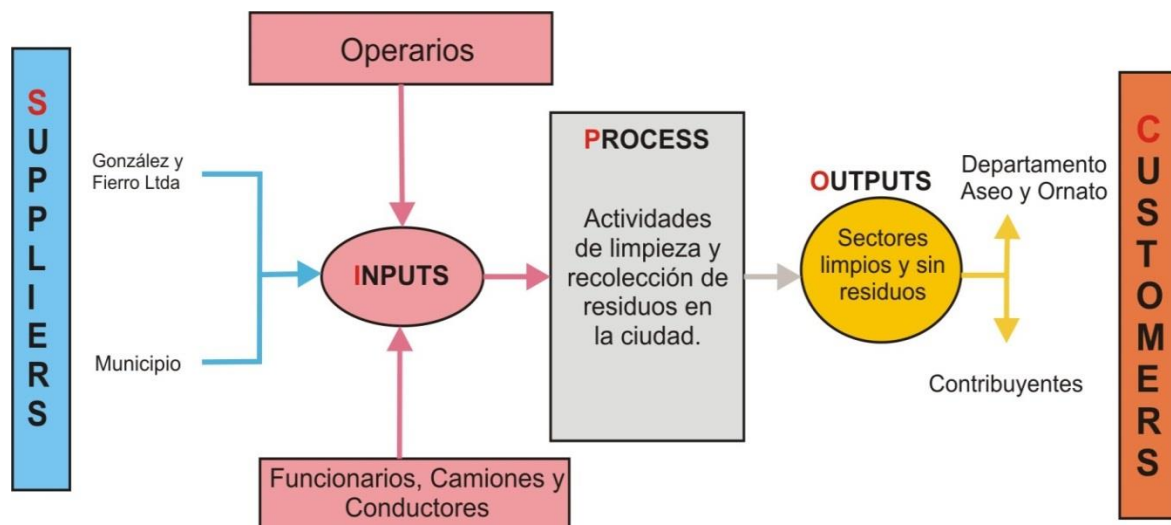


Figura 9: Mapa SIPOC del proceso de recolección.

Fuente: Elaboración Propia.

La herramienta SIPOC es un mapa que se utiliza como ayuda para entender mejor el proceso que se está definiendo. En este caso para conocer los actores involucrados en el proceso que serán analizados en la sección 4.3.

Los proveedores (suppliers) para nuestro proceso y nuestra necesidad específica son la empresa González y Fierro LTDA, que nos facilita a los operarios que realizan la recolección y el Municipio que se encarga de poner a disposición la flota de camiones de recolección, los conductores y a los funcionarios que planifican y gestionan los procesos.

Las actividades de limpieza y recolección de residuos en la ciudad de Viña del Mar es el proceso (process) en donde se involucran camiones, conductores y operarios que serían nuestras entradas (inputs).

La finalidad o el resultado obtenido a partir del proceso de limpieza y recolección de residuos es lo que se denomina como salida (outputs), esto es tener sectores limpios y sin residuos para evitar la creación de microbasurales y mantener la satisfacción de los contribuyentes (customers).

4.1.5 Procesos

En la actualidad en el Departamento de Aseo y Ornato se realizan 4 tipos de procesos (desmalezado, microbasurales, voluminosos y verde) más la recolección de residuos domiciliarios, los que a continuación se analizaran y explicaran:

4.1.5.1 Proceso de Desmalezado

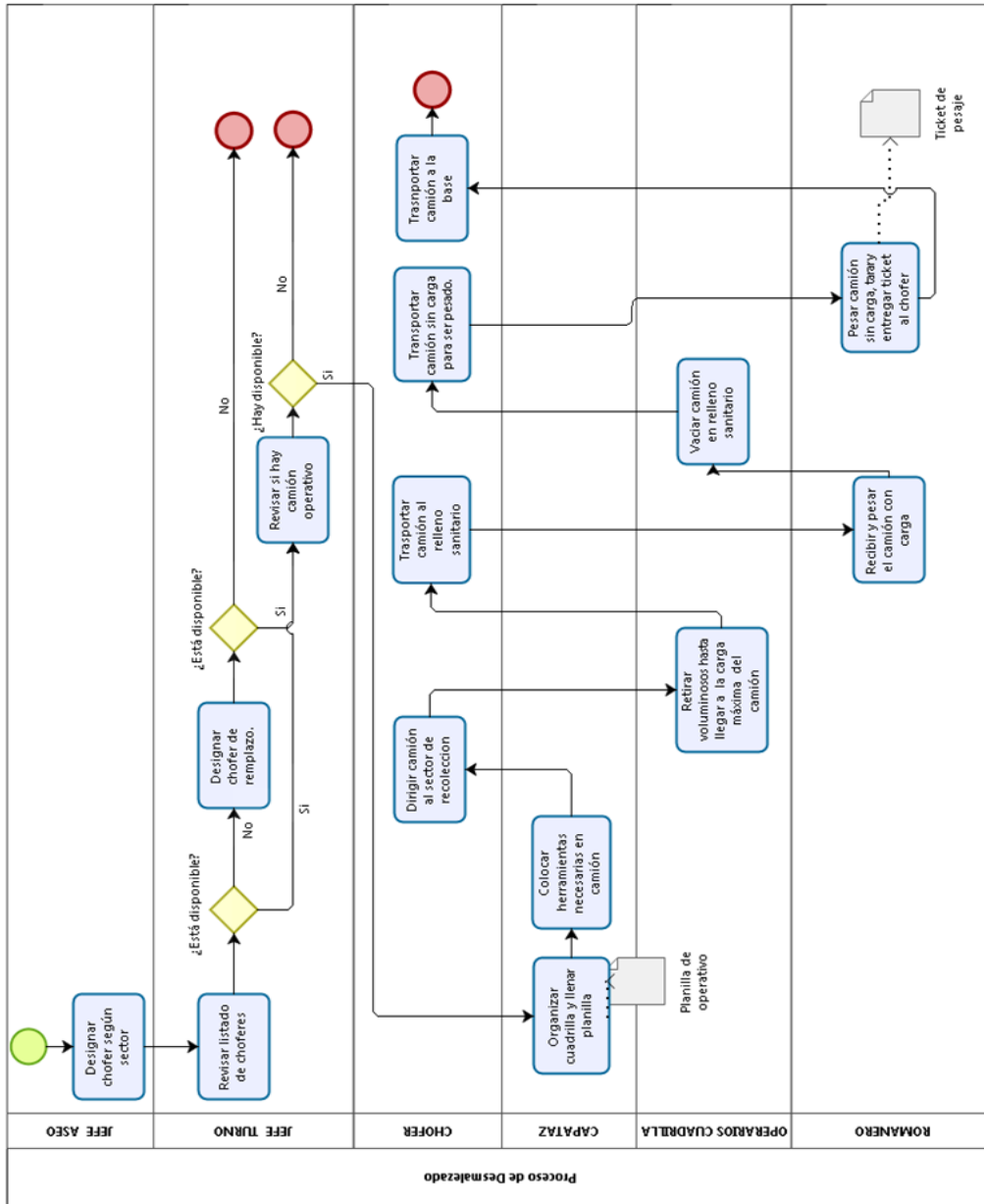


Figura 10: Diagrama de flujo del operativo de desmalezado.

Fuente: Elaboración Propia.

Este operativo se encarga de la limpieza y desmalezados de cuencas, quebradas y sitios eriazos aledaños a las poblaciones, con la finalidad de minimizar la ocurrencia de incendios forestales que afecten a la población en temporada estival.

4.1.5.2 Proceso Microbasurales

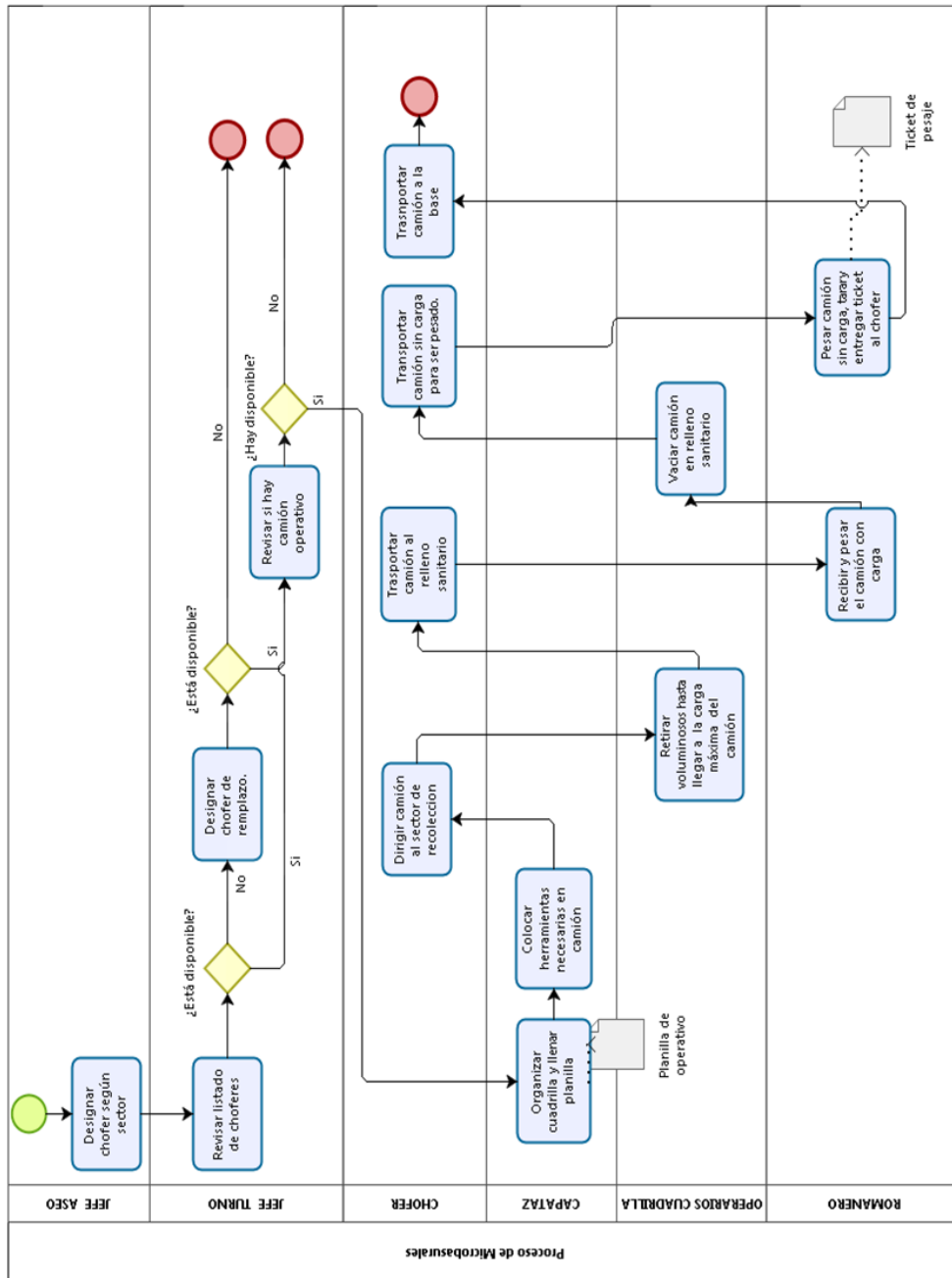


Figura 11: Diagrama de flujo del operativo de microbasurales.

Fuente: Elaboración propia.

El operativo de microbasurales se encarga de limpiar y erradicar los focos de potenciales microbasurales que se generan en la ciudad. Esto, además de perjudicar la imagen de la ciudad, es un riesgo de insalubridad, peligro de incendios forestales y pueden causar anegamientos en invierno.

4.1.5.3 Proceso Voluminosos

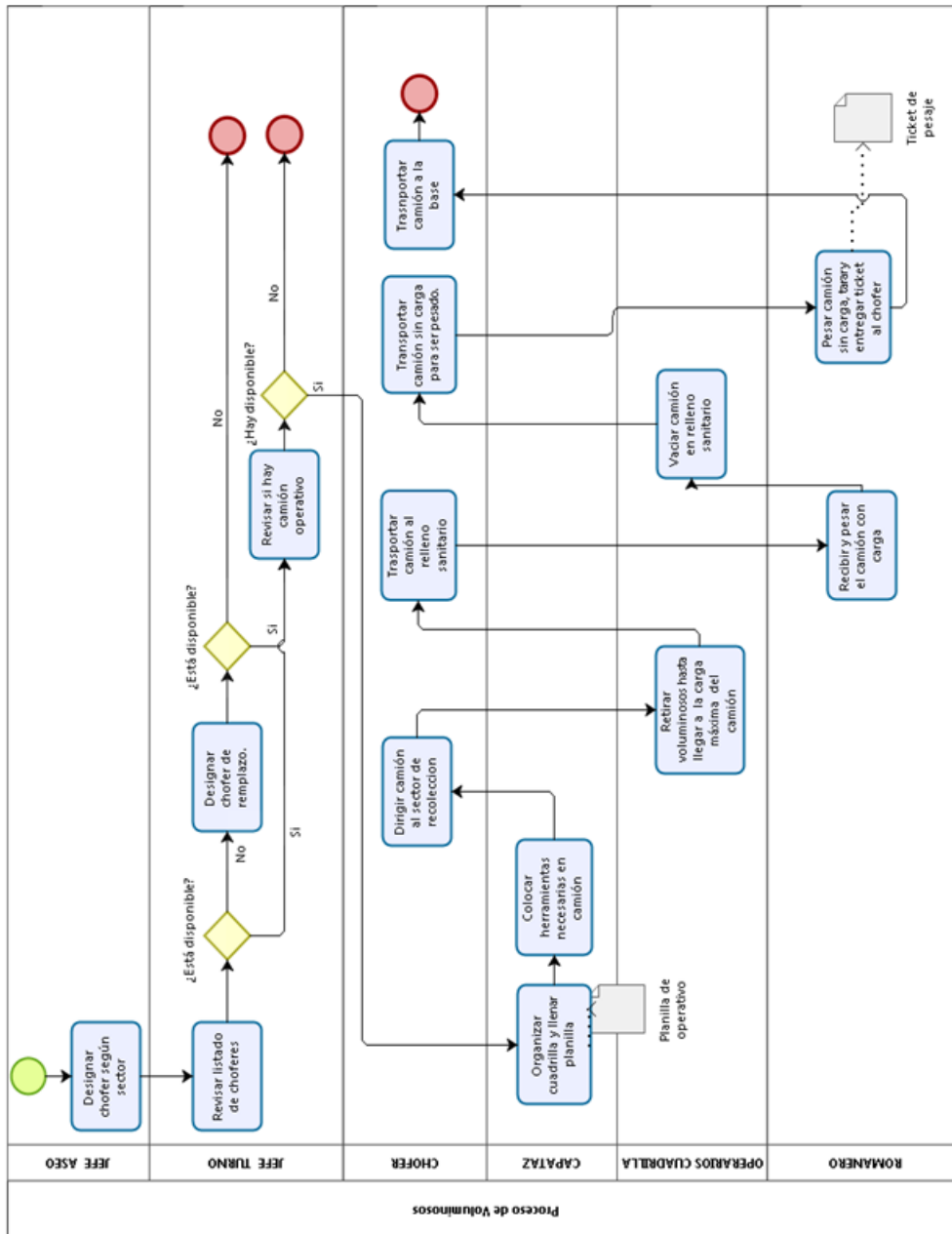


Figura 12: Diagrama de flujo del operativo de voluminosos.

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de recolección de verde se preocupa de evitar la creación de microbasurales mediante el retiro de material de poda, recolección de residuos, corte de césped en espacios verdes, plazas, y veredas.

4.2 Medir

4.2.1 Reclamos

Cualquier persona natural, puede realizar solicitudes o reclamos al Departamento por una ineficiente entrega de los servicios, dentro de estos servicios se encuentran la recolección domiciliaria y los procesos de desmaleza, microbasurales, verde y voluminosos. A continuación se muestra un gráfico con el porcentaje de reclamos por proceso en el año 2016.

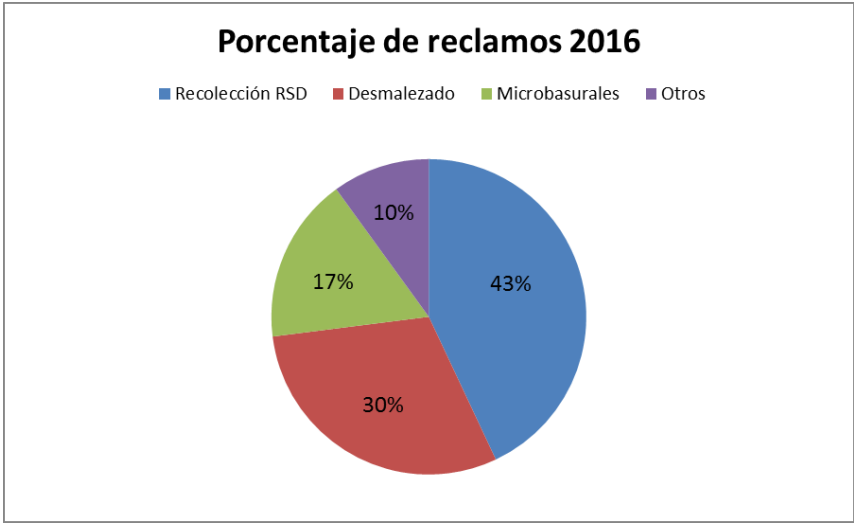


Gráfico 1: Porcentaje de reclamos.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se refleja en la gráfica que el mayor porcentaje de reclamos se da en el servicio de recolección domiciliaria con 2.109 solicitudes, seguido por proceso de desmalezado con 1.470 solicitudes y terminando con Voluminosos y Verde que en conjunto suman 498 solicitudes.

A continuación se realizara una medición de los m³ retirados en todos los operativos realizados según mes y conductor, como también de los costos asociados a los operativos.

4.2.2 Proceso Desmalezado

Para una mejor medición se realizó una gráfica con los m³ recolectado según mes.

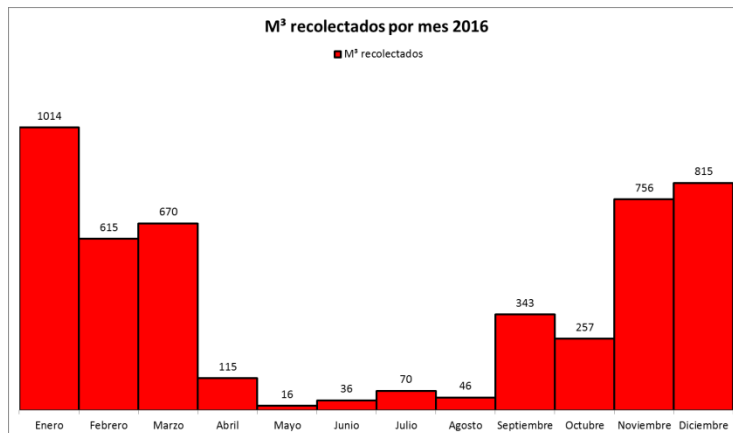


Gráfico 2: M³ retirados según mes en operativo de desmalezado.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En el año 2016 se recolectaron 4496 m³ de maleza y vegetación seca. Se aprecia que fue en verano que se recolecto la mayor cantidad de m³, esto se debe al interés del municipio de prevenir los incendios forestales.

A continuación se presenta gráfico de m³ recolectado por conductor. A cada conductor se le asignara un número en remplazo de su nombre.



Gráfico 3: M³ retirados según conductor en operativo de desmalezado.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Los conductores de operativos realizaron el 83% de la recolección de desmalezado, apoyados eventualmente por conductores de recolección domiciliaria que aportaron con el 17% del total. Este grafico refleja que 3 conductores de un total 8 cumplen el 93% de los m³

retirados el 2016, por lo que se necesitaran menor cantidad de conductores para cumplir el 100% del servicio.

En promedio los operativos de desmalezado se necesitaron 7 operarios, para recolectar 8 m³ en 3 horas de trabajo. Lo que se usara como parámetro de medida para proyectar la cantidad de operarios que se requieran en un operativo de desmalezado. Para esto se necesita un supervisor, que visite el sector un día antes de comenzar el operativo, para que lo cubique y nos dé un estimativo de m³ a retirar. Con esto se busca disminuir los costos de operación.

Tabla 11: Costos Operación proceso Desmalezado.

Costo Operación			\$ 150.135.674
	Costo M ³	\$ 93.341.160	
	Costo Operarios	\$ 18.028.800	
	Costo Camión	\$ 38.765.714	

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se grafica la frecuencia de recolección por sector, con un fin preventivo y para lograr anticiparse al operativo del año siguiente.

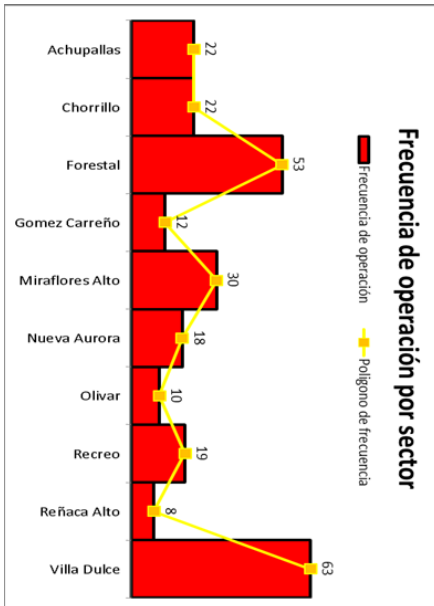


Gráfico 4: Polígono de frecuencia de recolección por sector en operativo de desmalezado.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En los sectores de Villa Dulce y Forestal la frecuencia de recolección de desmalezado es mayor, se instalaran cajas Ampli-roll o bateas donde se podrán depositar residuos que no

son retirados por el aseo domiciliario convencional, tales como malezas, ramas, cocinas, sillones, fierros, somieres, bicicletas, televisores, madera, entre otros. Con lo que se busca la erradicación de Micro-basurales.

4.2.3 Proceso Microbasurales

Para una mejor medición se realizó una gráfica con los m³ recolectado según mes.

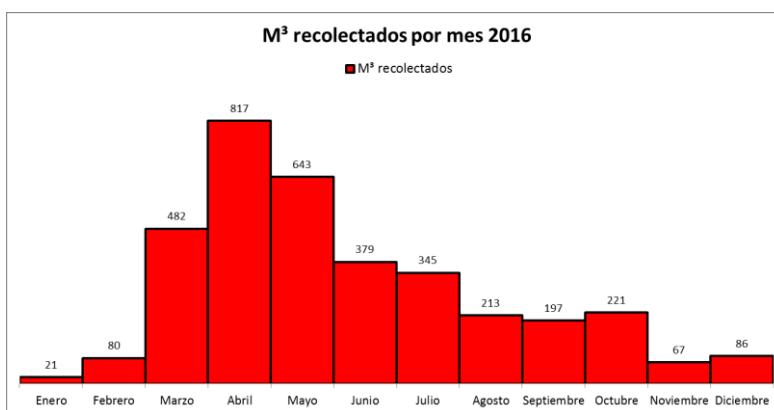


Gráfico 5: M³ retirados según mes en operativo de microbasurales.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

.En el 2016 en los operativos de micro basurales se recolectaron 3551 m³ de residuos domiciliarios, maleza, escombros, cocinas, sillones, etc. Se ve en la gráfica que en los meses de verano es donde se cuentan con menos recolección, esto se debe a que el municipio en esta fecha se enfoca en los operativos de desmalezados, en preferencia a los demás.

A continuación se presenta grafico de m³ recolectado por conductor.

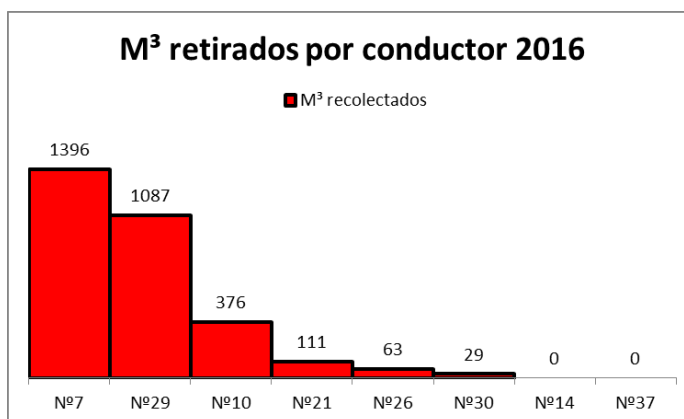


Gráfico 6: M³ retirados según conductor en operativo de microbasurales.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

De los 8 conductores designados a operativos, 2 de ellos no realizaron operativos de microbasurales. Este grafico refleja que 2 conductores del total, satisfacen más del 80% del servicio de m³ retirado el 2016, por lo que se necesitaran menor cantidad de conductores para cumplir el 100% del servicio. Al igual que en el operativo de desmalezado, los conductores Pedro Espinoza y Pedro Saavedra realizan una mínima recolección o simplemente no la realizan.

En promedio los operativos de microbasurales se necesitaron 6 operarios, para recolectar 11 m³ en 3 horas de trabajo. Lo que se usara como parámetro de medida para proyectar la cantidad de operarios que sean requeridos en un operativo de microbasurales. Para esto se necesita un supervisor, que visite el sector un día antes de comenzar el operativo, para que lo cubique y nos dé un estimativo de m³ a retirar. Con esto se busca disminuir los costos de operación.

Tabla 12: Costos Operación proceso Micro-basurales.

Costo Operación			\$ 90.193.735
	Costo M³	\$ 59.732.640	
	Costo Operarios	\$ 9.786.240	
	Costo Camión	\$ 20.674.855	

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se grafica la frecuencia de recolección por sector, con un fin preventivo y para lograr anticiparse al operativo del año siguiente.

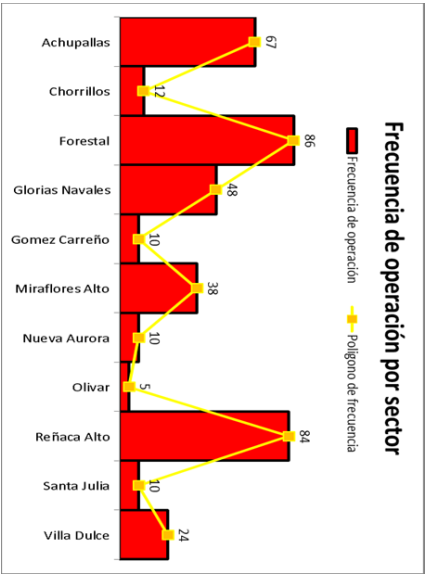


Gráfico 7: Polígono de frecuencia de recolección por sector en operativo de microbasurales.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En los sectores en que la frecuencia de recolección de microbasurales es mayor, se instalaran cajas ampliroll o bateas con mayor frecuencia y en los meses en que más m³ se recolectaron para actuar de una forma proactiva con el problema de los residuos, en estas bateas se podrán depositar residuos que no son retirados por el aseo domiciliario convencional, tales como cocinas, sillones, fierros, somieres, bicicletas, televisores, madera, entre otros.

4.2.4 Proceso Voluminoso

Para una mejor medición se realizó una gráfica con los m³ recolectado según mes.

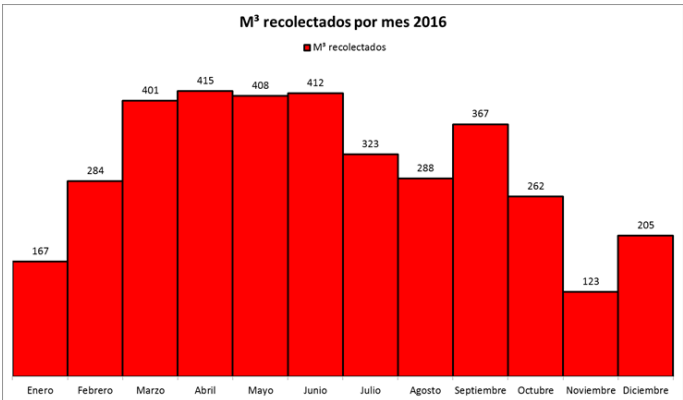


Gráfico 8: M³ retirados según mes en operativo de voluminosos.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En el 2016 en el operativo de voluminosos se recolectaron 3655 m³ de escombros, cocinas, sillones, etc. En la gráfica se refleja que no hay mucha diferencia de recolección por mes como en los operativos anteriores, esto se debe a que el operativo de voluminosos se realiza todo el año, para disminuir de esta forma la creación de microbasurales.

A continuación se presenta gráfico de m³ recolectado por conductor.



Gráfico 9: M³ retirados según conductor en operativo de voluminosos.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Como un reflejo de los operativos anteriores, son los mismos conductores los que realizan la mayor cantidad de la recolección, y también los que realizan menos recolección. El 80% de la recolección anual de este operativo fue realizado por conductores de recolección domiciliar que actuaron como apoyo, esto a su vez tuvo como consecuencia que los puntos de recolección no fueran atendidos en un 100%.

En promedio los operativos de *verdes* se necesitaron 3 operarios, para recolectar 7 m³ en 3 horas de trabajo. Lo que se usara como parámetro de medida para proyectar la cantidad de operarios que se requieran en un operativo de voluminosos. Para esto se necesita un supervisor, que visite el sector un día antes de comenzar el operativo, para que lo cubique y nos dé un estimativo de m³ a retirar. Con esto se busca disminuir los costos de operación.

Tabla 13: Costo operación proceso Voluminosos

Costo Operación			\$ 80.812.073
	Costo M ³	\$ 58.449.600	
	Costo Operarios	\$ 4.207.680	
	Costo Camión	\$ 18.154.793	

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se grafica la frecuencia de recolección por sector, con un fin preventivo y para lograr anticiparse al operativo del año siguiente.

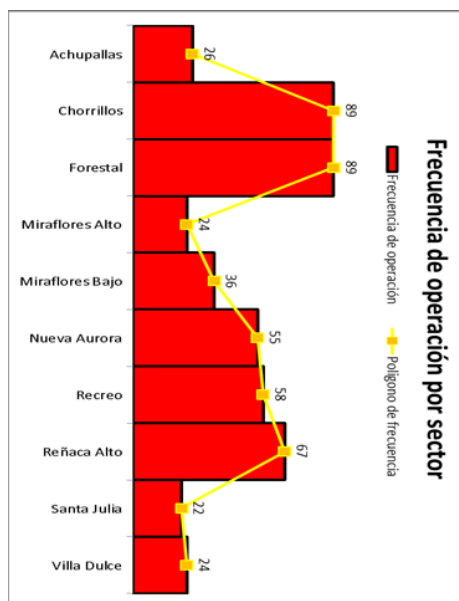


Gráfico 10: Polígono de frecuencia de recolección por sector en operativo de voluminosos.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En los sectores en que la frecuencia de recolección de voluminosos es mayor, se instalaran cajas ampliroll o bateas donde se podrán depositar residuos que no son retirados por el aseo domiciliario convencional, tales como cocinas, sillones, fierros, somieres, bicicletas, televisores, madera, entre otros. Con lo que se busca la erradicación de Microbasurales.

4.2.5 Proceso Verde

Para una mejor medición se realizó una gráfica con los m³ recolectado según mes.

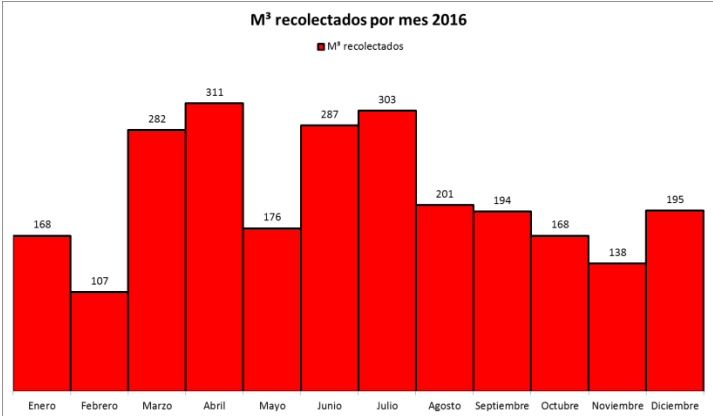


Gráfico 11: M³ retirado según mes en operativo de verde.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Al igual que el operativo anterior, la recolección de verde se realiza todo el año, baja un poco en verano por lo que ya se mencionó anteriormente que se enfocan en el programa de desmalezado. Se recolectaron 2529 m³ de materia poda, corte césped, etc.

A continuación se presenta grafico de m³ recolectado por conductor

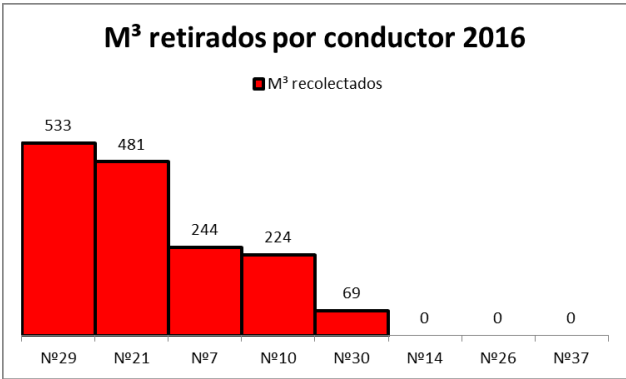


Gráfico 12: M³ retirados por conductor en operativo de verde.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El 60% de la recolección se realizó por los conductores designados a operativos, pero 3 de los 8 conductores no tuvieron recolección, es por esta razón que el 40% del servicio fue realizado con apoyo de conductores designados a la recolección domiciliaria.

En promedio en los operativos de verdes se necesitaron 4 operarios, para recolectar 7 m³ en 2 horas de trabajo. Lo que se usara como parámetro de medida para proyectar la cantidad de operarios que se requieran en un operativo de microbasurales. Para esto se necesita un supervisor, que visite el sector un día antes de comenzar el operativo, para que lo cubique y nos dé un estimativo de m³ a retirar. Con esto se busca disminuir los costos de operación.

Tabla 14: Costo operación proceso Verde.

Costo Operación		\$ 55.556.894
	Costo M ³	\$ 37.208.160
	Costo Operarios	\$ 3.833.280
	Costo Camión	\$ 14.515.454

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se grafica la frecuencia de recolección por sector, con un fin preventivo y para lograr anticiparse al operativo del año siguiente.

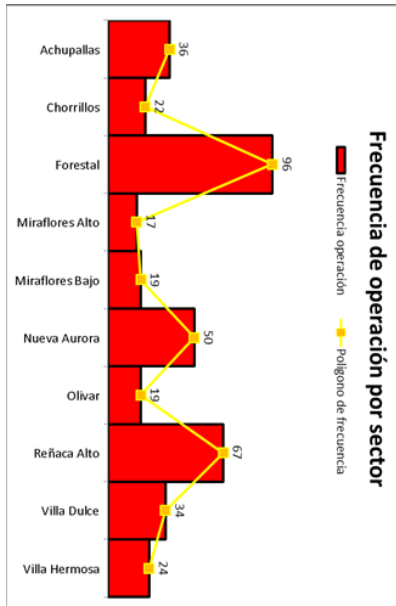


Gráfico 13: Polígono de frecuencia de recolección por sector en operativo de verde.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En los sectores en que la frecuencia de recolección de verde es mayor, se instalaran cajas ampliroll o bateas donde se podrán depositar restos de poda, ramas, etc.

En resumen entre los 4 operativos:

Sectores atendidos (28)

Forestal, Achupallas, Glorias Navales, Miraflores Alto, Villa Hermosa, Reñaca Alto, Chorrillos, Gómez Carreño, Nueva Aurora, Santa Julia, Villa Dulce, Olivar, Canal Beagle, Estero, Limonares, Miraflores bajo, Recreo, Santa Inés, Agua Santa, Caleta Abarca, Cerro Castillo, Expresos Viña, Feria las Torres, Plan Viña, Reñaca Bajo, Viña del Mar Alto, Borde Costero ,Feria Estero.

En el año 2016 se recolectaron 14.230 m³ de residuos en total de todos los operativos realizados. A continuación un desglose de los m³ retirado por operativo y sus costos de operación.

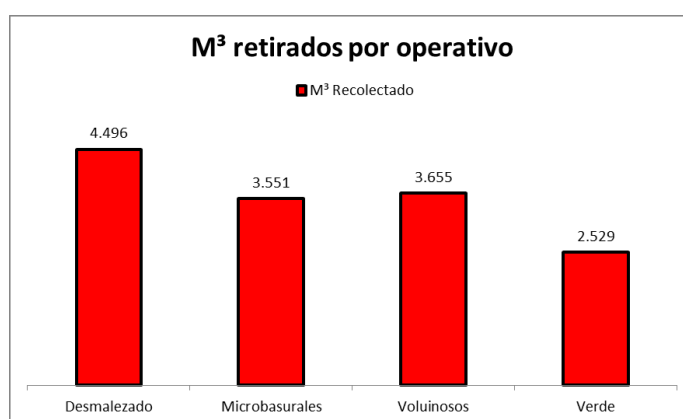


Gráfico 14: Recolección m³ por operativo.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se refleja que los operativos de desmalezado son los que más m³ recolectan en el proceso y que cuenta con un mayor costo. A continuación un detalle de los costos de operación por operativo.

Tabla 15: Costos totales operativos en 2016.

Operativo	Costo Operarios	Costo Camión	Costo M ³	Costo Operación
Desmalezado	\$ 18.028.800	\$ 38.765.714	\$ 93.341.160	\$ 150.135.674
Microbasural	\$ 9.786.240	\$ 20.674.855	\$ 59.732.640	\$ 90.193.735
Voluminosos	\$ 4.207.680	\$ 18.154.793	\$ 58.449.600	\$ 80.812.073
Verde	\$ 3.833.280	\$ 14.515.454	\$ 37.208.160	\$ 55.556.894
			Total	\$ 376.698.376

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El costo de operación total de los 4 operativos en el año 2016 fue de \$ 376.698.376, un 4% del Gasto Anual en Servicios de Aseo. Esto se debe a que en los operativos no existe

información del gasto empleado en consumo de combustible y costos en mantención. Es por esta razón que el costo total en operativos sería mayor al calculado con la información obtenida por la organización.

4.2.6 Recolección domiciliaria

En el proceso de recolección el Jefe de Recolección Domiciliaria recibe el programa diario con la ruta, este se la envía al Jefe de turno y el en función a la ruta, designa al chofer según sector. Cada conductor tiene un sector y vehículo recolector designado. Si el conductor falta y no hay quien conozca la ruta o el camión está en mastranza por algún desperfecto, la recolección no se realiza, dejando el punto sin hacer hasta el próximo día de retiro. Lo que produce una acumulación de basura en las viviendas, riesgo de creación de microbasurales y un aumento en el número de reclamos por el descontento que tiene la población la que queda con un sentimiento de abandono.

Si lo anterior no ocurre se continúa el proceso con normalidad, se llama recolección normal cuando el conductor designado dirige el camión junto a 4 operarios al sector de recolección, los operarios se separan en parejas (2 a la derecha y 2 a la izquierda del camión), el conductor se detiene constantemente para que los operarios carguen el camión con la basura dispuesta en las calles o contenedores, que vecinos y contribuyentes han dejado allí previamente. La basura se encuentra en contenedores en algunas casas y en simples bolsas (denominada “basura a granel”) en otros.

La geomorfología de la región dificulta la gestión de la recolección de residuos, la mayoría de las veces el camión no tiene acceso a los lugares de retiro por lo que se realiza “recolección por alcance” es decir los operarios deben caminar varios metros a las viviendas, juntar la basura de las casas en unas “ponchas” que se utiliza como un saco más grande y se devuelven al camión que espera para su retiro.



Figura 14: Operario recorre metros en recolección por no tener acceso el camión al sector.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se completó la carga máxima del camión (m3 compactados) el conductor deja a 3 de los operarios en el sector y se dirige con uno al Vertedero “El Molle” con los RSD para su disposición final.

En el vertedero, si no hay más camiones esperando ingresar, se pesa el camión con carga, se dirige a botar los residuos y luego se pesa sin carga para poder saber el peso neto en kilogramos de RSD recolectado en el sector. El romanero una vez finalizado entrega un ticket de pesaje.

Tabla 16: Ticket de pesaje del vertedero El Molle.

Ticket de Pesaje	N° 302895	
Patente	FLLV52 Camión 29	
Proveedor	I. MUNICIPALIDAD DE VIÑA DEL MAR	
Chofer	N°32	
Romanero	Héctor Iturra	
Fecha y hora entrada	21-12-2016	10:44:40
Fecha y hora salida	21-12-2016	11:02:05
Tipo de Camión	Carga Trasera	
Peso Bruto	21.950 Kg	
Peso Neto	13.740 Kg	
Total	8.210 Kg	

Fuente: Gestión integral de residuos S.A.

Si el punto de recolección no fue terminado y alcanza el tiempo, el conductor se dirige al sector a recoger a los 3 operarios restantes para terminarlo, y luego realiza un segundo viaje al vertedero. La mayoría de las veces no alcanza el tiempo y el punto de recolección se deja sin terminar hasta el próximo día que corresponda ese sector.

Al finalizar el conductor se dirige con el camión sin carga al departamento de aseo, esta es la situación ideal. Pero hay muchas veces que el camión regresa a la base con carga y sin terminar los puntos de recolección.

A continuación, para obtener una representación gráfica del operativo de recolección domiciliaria, se entrega el diagrama de flujo del proceso.

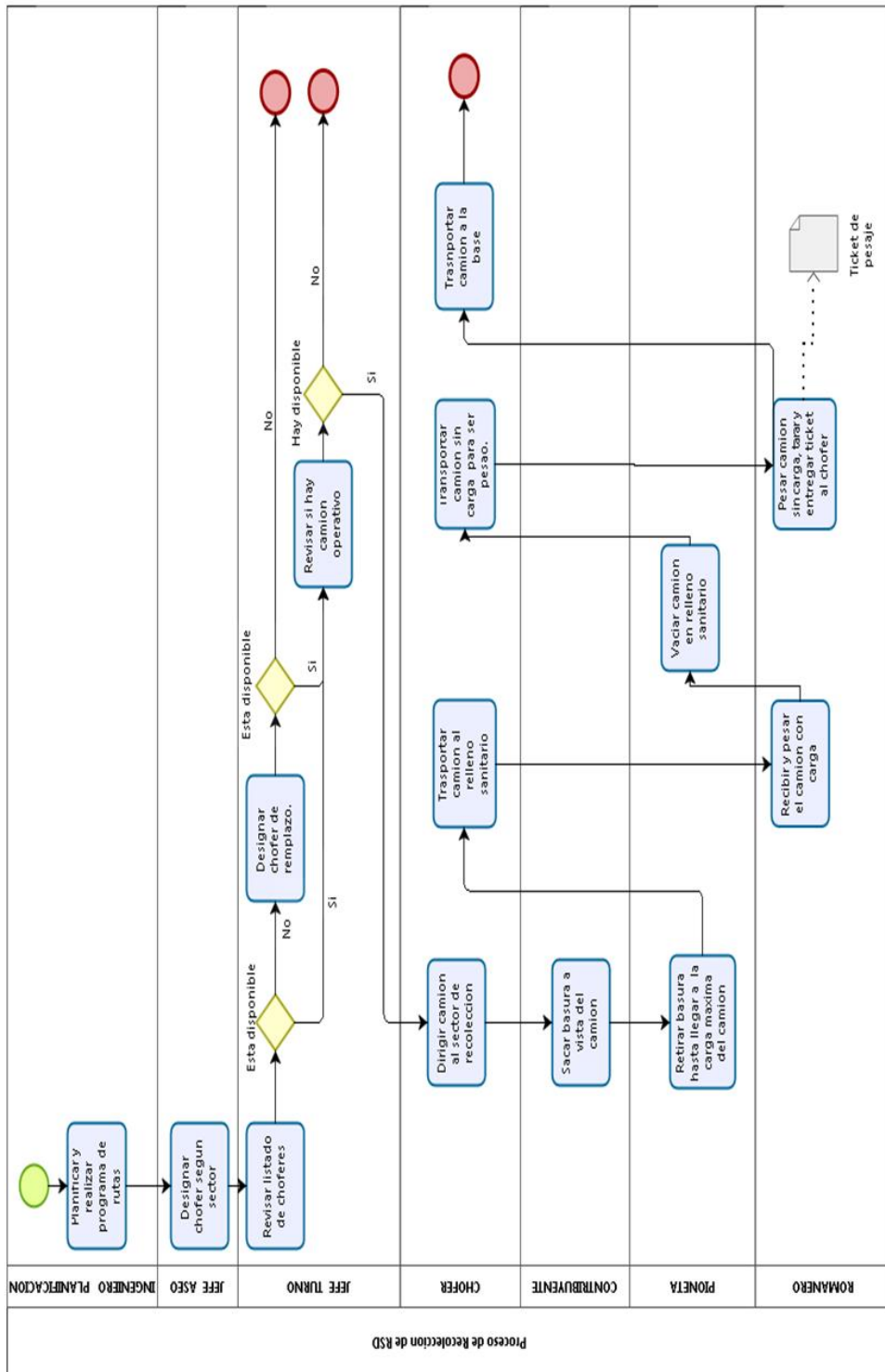


Figura 15: Diagrama del proceso de Recolección de RSD en comuna de Viña del Mar.

Fuente: Elaboración propia.

La representación del proceso en este diagrama nos refleja que existen dos acciones que implican una decisión que al dar como resultado negativo nos impide que se pueda seguir con el proceso, que significaría dejar el punto de recolección sin operar, una de estas acciones es preguntarse si está disponible un conductor de remplazo una vez que el conductor correspondiente al sector no esté operativo. Si no está disponible se pone fin al proceso y el sector se deja sin recolección, la otra acción es preguntarse si contamos con camión de recolección operativo o si está en mantención, al estar en mantención se pone fin al proceso y se deja el sector sin recolección. Más adelante analizaremos los actores involucrados en el proceso y buscaremos las causas de los problemas e identificar las oportunidades de mejora.

Para una mejor medición se realizó una gráfica con las toneladas recolectadas según mes.

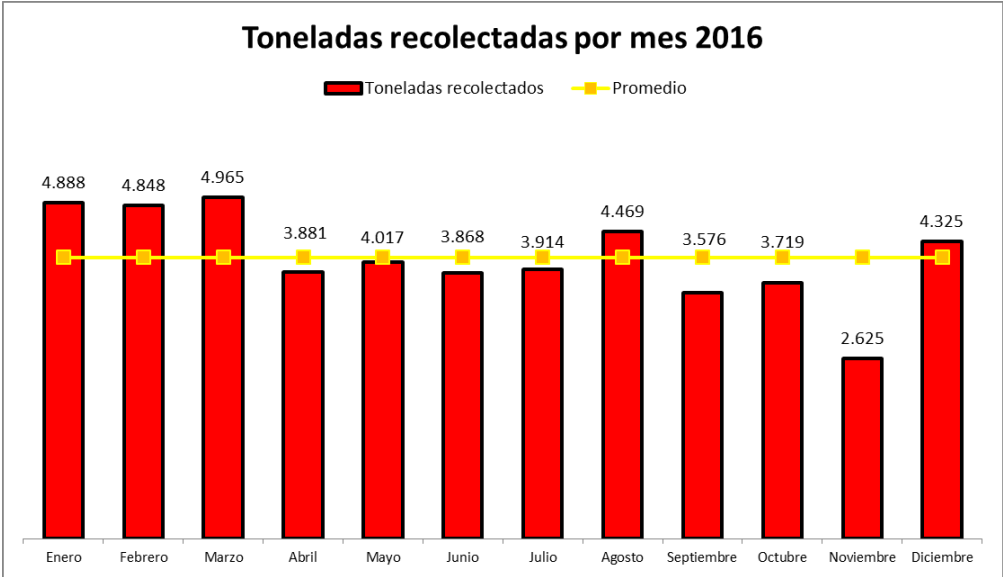


Gráfico 15: Toneladas recolectadas de RSD por mes.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En promedio en el año 2016 por medio del municipio se recolectaron 4.091 toneladas de RSD por mes, se refleja que en los meses de verano es cuando mayor cantidad de RSD se recolectaron debido a un aumento en las personas que se encuentran en la comuna en temporada de verano por ser Viña Del Mar una ciudad turística.

4.3 Analizar

En toda actividad que involucra flotas de vehículos y conductores como actores principales del proceso, la gestión de esta, supone una parte fundamental ya que entrega como resultado la eficiencia en el uso de estos recursos primordiales. Por lo tanto, el control en la gestión de una forma bien detallada, permite beneficios en eficiencia, mejoras en el servicio a los contribuyentes, mejoras en la gestión de conductores y la reducción de costos del proceso. Es por esto que a continuación realizara un análisis de datos de los principales involucrados en el proceso: Conductores y Vehículos.

4.3.1 Conductores

Los conductores son funcionarios Municipales, actores fundamentales del proceso de recolección, están a cargo del camión y de su equipo de recolección (4 operarios). Como son funcionarios municipales se tienen que acoger a lo que dice la Ley N°18.883.

Analizada la Ley N° 18.883 que Aprueba el Estatuto Administrativo para Funcionarios Municipales. Se rescata el Artículos 62:

“PARRAFO 2. ° DE LA JORNADA DE TRABAJO

Artículo 62.

- La jornada ordinaria de trabajo de los funcionarios será de cuarenta y cuatro horas semanales distribuidas de lunes a viernes no pudiendo exceder de nueve horas diarias.

El alcalde podrá proveer cargos de la planta a jornada parcial de trabajo cuando ello sea necesario por razones de buen servicio. En estos casos los funcionarios tendrán una remuneración proporcional al tiempo trabajado y de manera alguna podrán desempeñar trabajos extraordinarios remunerados.

Los funcionarios deberán desempeñar su cargo en forma permanente durante la jornada ordinaria de trabajo.”

Esto indica que por Ley los conductores deben cumplir con 44 horas semanales de trabajo, distribuidas de lunes a sábado, en promedio 8 horas al día.

Son un total de 42 conductores, de los cuales 8 son conductores auxiliares y de operativos y 34 conductores designados a la recolección domiciliaria de residuos sólidos. Estos conductores son funcionarios municipales por lo que se tienen que regir por la ley.

En los posteriores análisis se le asignara un número en remplazo de su nombre a cada conductor.

Una vez identificado los conductores municipales, se realizara un análisis de datos con el fin de encontrar toda la información necesaria que nos ayude entender la causa del problema del inadecuado manejo de los residuos. Se analizaran días laborales trabajados, horas trabajadas al día, kilogramos de residuos recolectados, kilometros recorridos en recolección, tiempos y se crearan indicadores de productividad para ver de forma precisa y rápida los conductores más eficientes en el proceso.

A continuación un gráfico con los días trabajados por cada conductor de la flota.

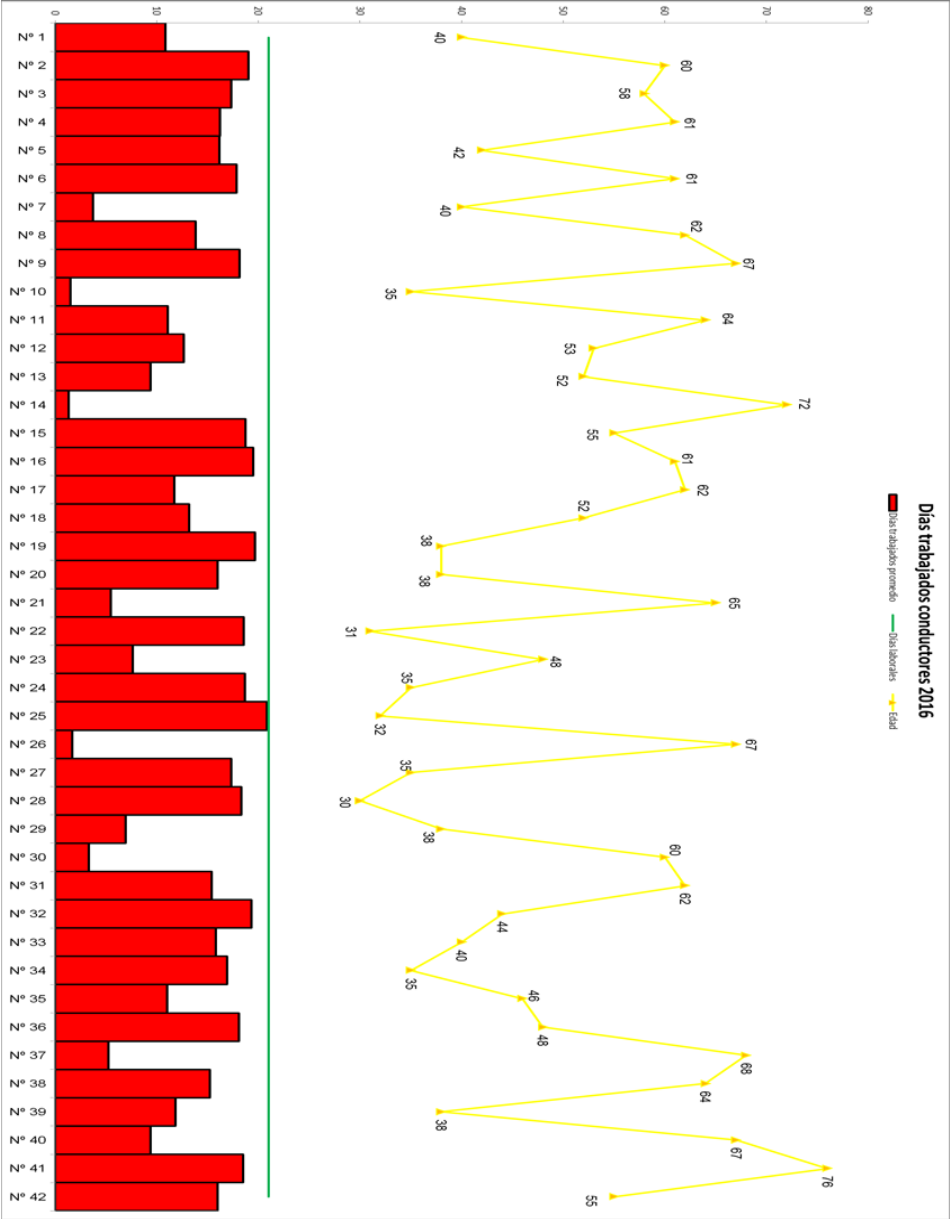


Gráfico 16: Días trabajados por todos los conductores municipales.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En el gráfico se aprecia que hay conductores que trabajan muy pocos días, esto se debe a que el análisis se realizó a todos los conductores de la flota municipal que realizan distintos tipos de operativos como (microbasurales, desmalezado, verde, voluminosos) y además el retiro de residuos domiciliarios. A continuación una lista con los conductores de operativos y auxiliares.

Tabla 17: Conductores que realizan función distinta a la de recolección domiciliaria.

Nº de Conductor	Años	Servicio
Nº7	40 años	Operativos (Tolva)
Nº10	35 años	Operativos (Tolva)
Nº14	72 años	Conductor Auxiliar
Nº21	65 años	Operativos (Tolva)
Nº26	67 años	Conductor Auxiliar
Nº29	38 Años	Operativos (Tolva)
Nº30	60 Años	Conductor Auxiliar
Nº37	68 Años	Conductor Auxiliar

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

De 42 conductores municipales, 8 realizan operativos distintos al de la recolección domiciliaria, 4 realizan operativos (microbasurales, desmalezado, voluminosos y verde) y los otros 4 son conductores auxiliares que prestan apoyo a estos operativos y a la recolección domiciliaria, es por esto que en la gráfica anterior se ve que trabajan menos días, a continuación se realiza una gráfica con los días trabajados por los conductores de operativos y auxiliares, sumándole a estos los días trabajados en la recolección domiciliaria como también en los operativos.

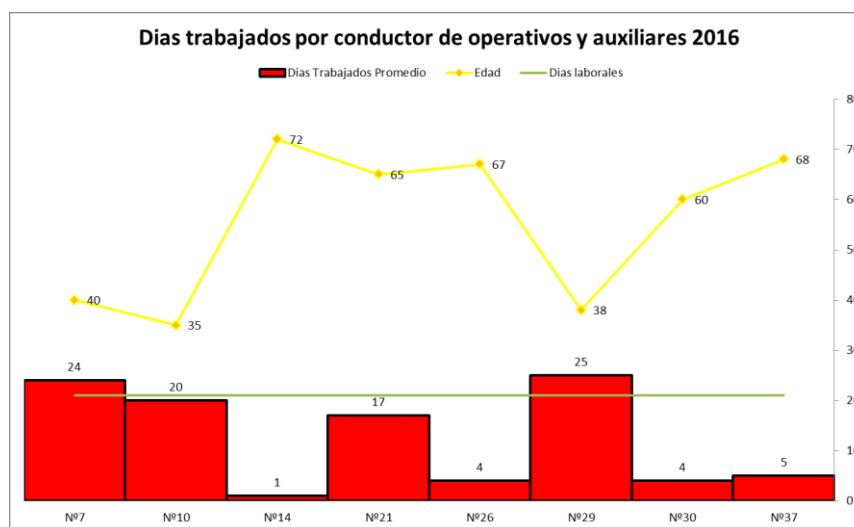


Gráfico 17: Días trabajados por conductores de operativos.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

De los 8 conductores de operativos, 4 tienen en promedio 67 años de edad y trabajan menos del 15% de los días que pueden trabajar en un mes. Se recomienda ofrecer incentivos al retiro, para contratar conductores que sean más eficientes y cumplir de la mejor manera las necesidades de la población.

Si nos enfocamos solo en los 34 conductores que realizan recolección domiciliaria, el gráfico nos quedaría de la siguiente manera.

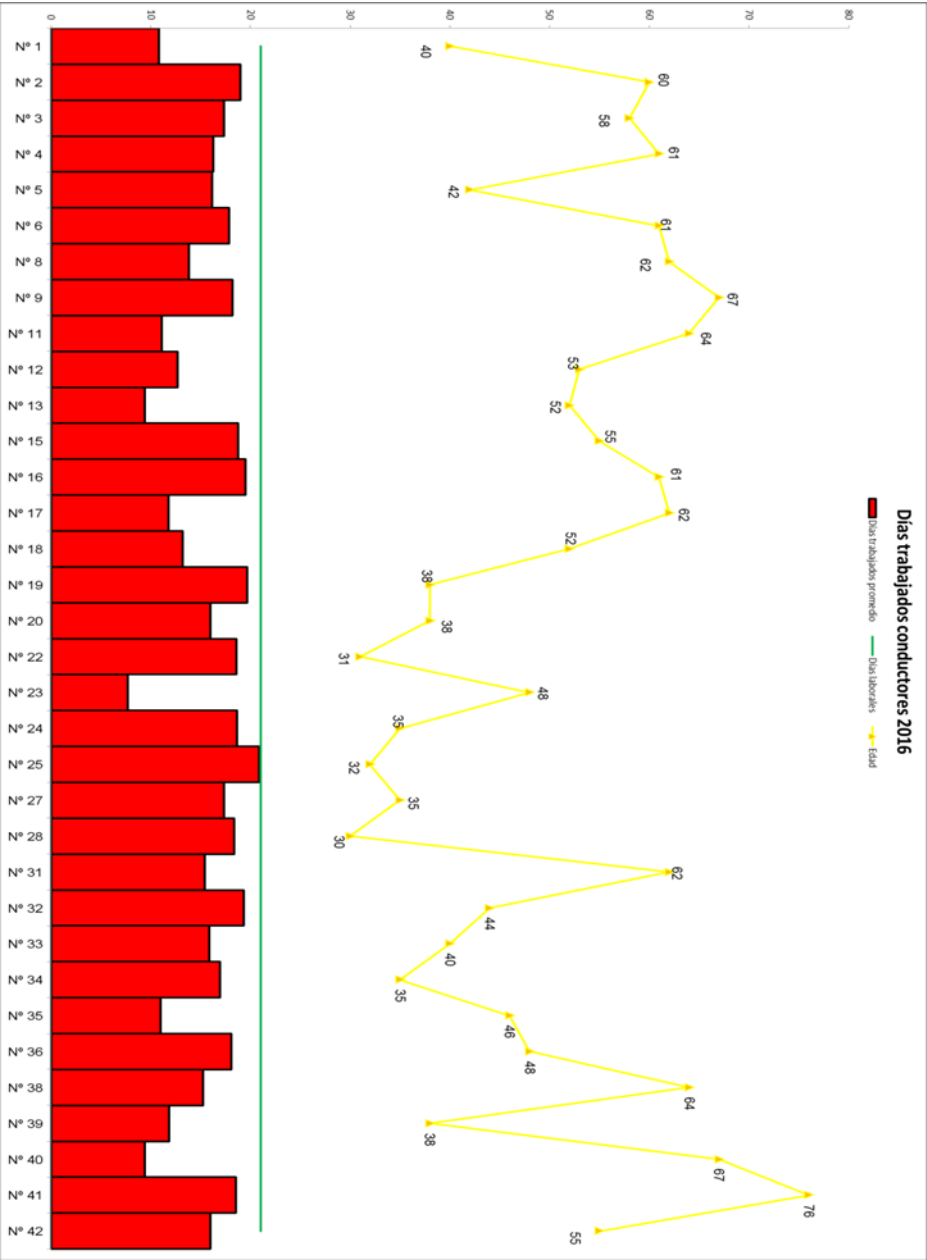


Gráfico 18: Días trabajados de todos los conductores de recolección de RSD.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Dentro de esta grafica existen conductores que están bajo los 10 días que salen a los sectores para realizar la recolección de residuos, esto se debe a que prestan apoyo en los operativos anteriormente señalados, conductores como el N°13 y N°40 tienen en promedio 15 días trabajados en los operativos (desmalezado, micro basurales, voluminosos y verde), por lo que sus sectores de recolección quedan sin hacer. Se refleja en las gráficas que la edad de los conductores no influye en el desempeño de los conductores, el promedio de edad de los conductores municipales es de 51 años, con una edad máxima de 76 años y una edad mínima de 30 años.

A continuación un gráfico con las horas trabajadas por cada conductor.

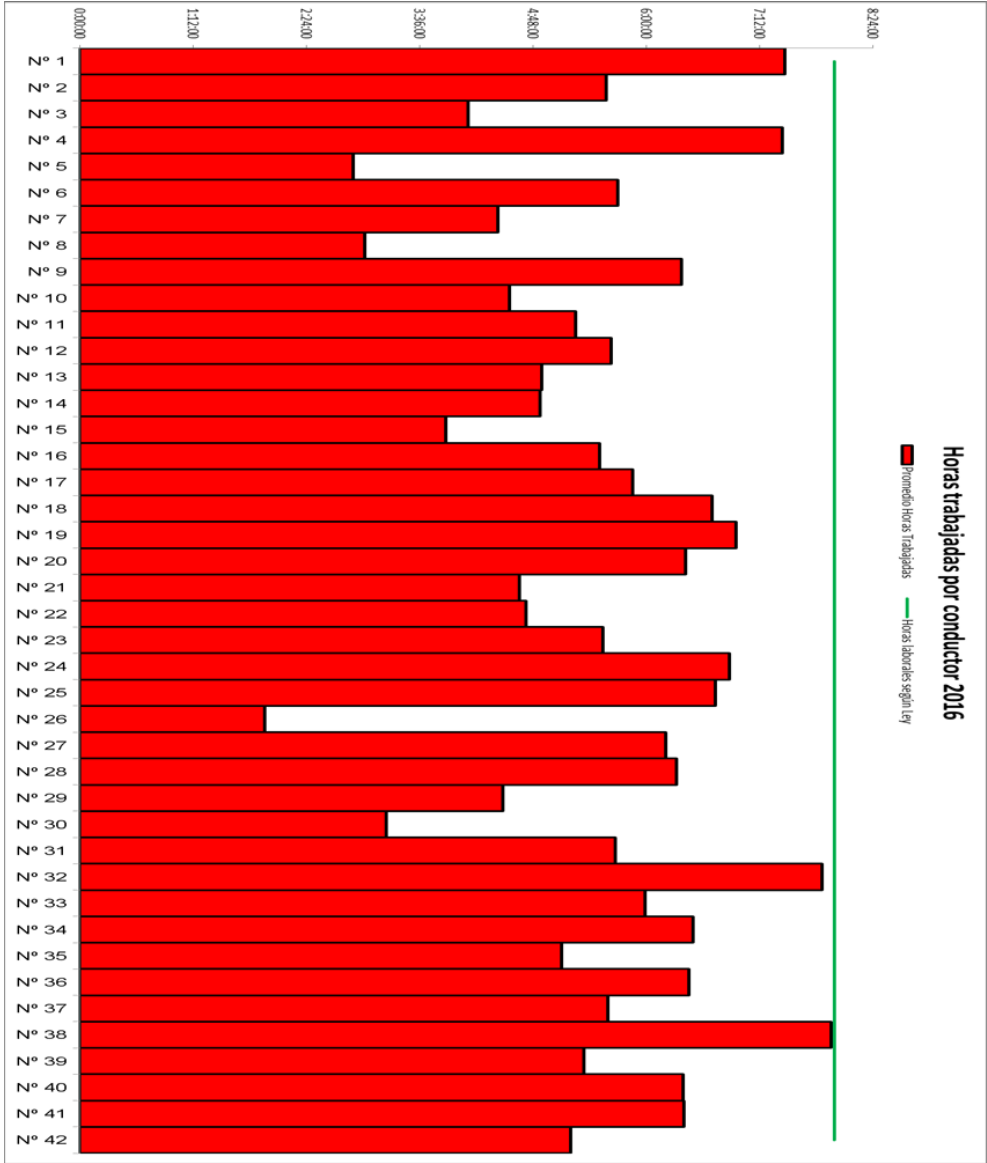


Gráfico 19: Horas trabajadas por conductor municipal.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En el gráfico se aprecia que los conductores municipales no trabajan las mismas horas, esto se debe a los tiempos de recolección por cada sector, ya que no todos cuentan con las mismas condiciones (Morfología del terreno, Condominios, Hospitales, etc.) por lo que no se demoran lo mismo, además en la gráfica el análisis se realizó a todos los conductores de la flota municipal que realizan distintos tipos de operativos como (microbasurales, desmalezado, verde, voluminosos) y además el retiro de residuos domiciliarios.

A continuación una gráfica con las horas trabajadas por los conductores de operativos y auxiliares.



Gráfico 20: Horas trabajados por conductor de operativo.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

De los 8 conductores, el Nº26 y Nº30 trabajan menos de 3 horas al día y solo 4 días en promedio al mes salieron algún operativo o recolección domiciliaria. De prescindir de su servicio nos disminuirían los costos operativos.

Para un departamento que trabaja con flota de camiones, no se puede desperdiciar un recurso para el proceso tan importante como es un conductor, realizando funciones que no es por la que se le paga una remuneración, la cual es conducir y prestar servicios a la comunidad.

A continuación un gráfico con los residuos recolectados por conductor.

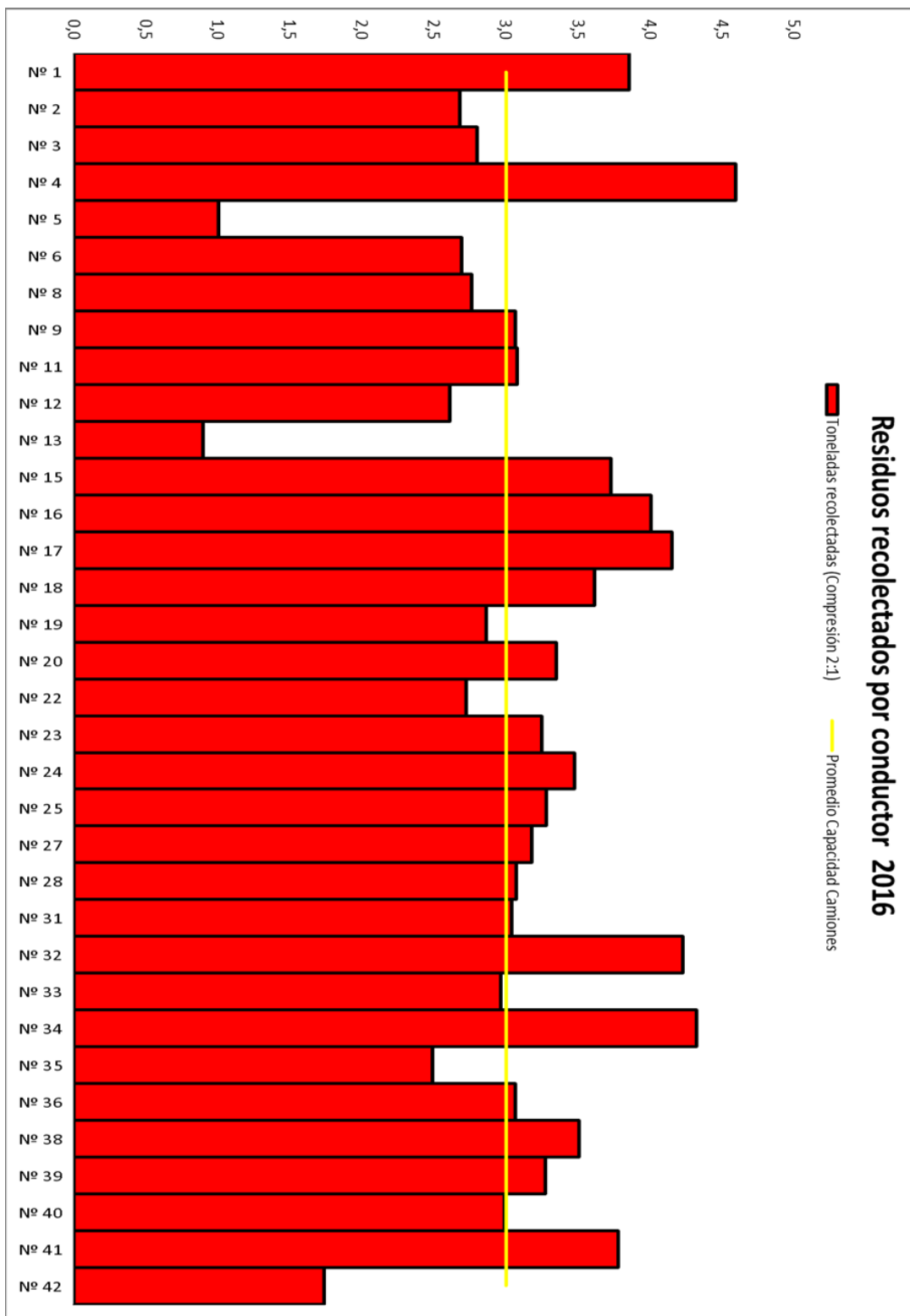


Gráfico 21: Residuos recolectados por conductor 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El 52% de los conductores tiene una recolección de residuos domiciliarios menor al promedio de carga de los vehículos de recolección de la flota, ósea menos de 6000 kg. De los cuales 3 de ellos tienen un retiro menor a los 3000 kg.

El poco tiempo de trabajo de los conductores (Días y Horas trabajadas) está directamente relacionada a una menor recolección de residuos domiciliarios y esto a su vez a un aumento en la insatisfacción de la gente, que se refleja por medio del aumento en los reclamos. Mientras más días y horas de trabajo se tengan, mayor será la cantidad de residuos recolectado. Pero para entender de una manera más rápida en la sección 4.4 se creara un indicador de control de flota, para poder identificar los conductores más eficientes a simple vista.

De los 585.639 kilómetros recorridos en total en la recolección, solo un 28% es dedicado a la recolección misma y un 72% de los costos totales son en kilómetros recorridos fuera de la recolección, aproximadamente \$57.000.000 son los costos que podemos disminuir ya que corresponde más al trayecto que al recorrido mismo en zonas de recolección.

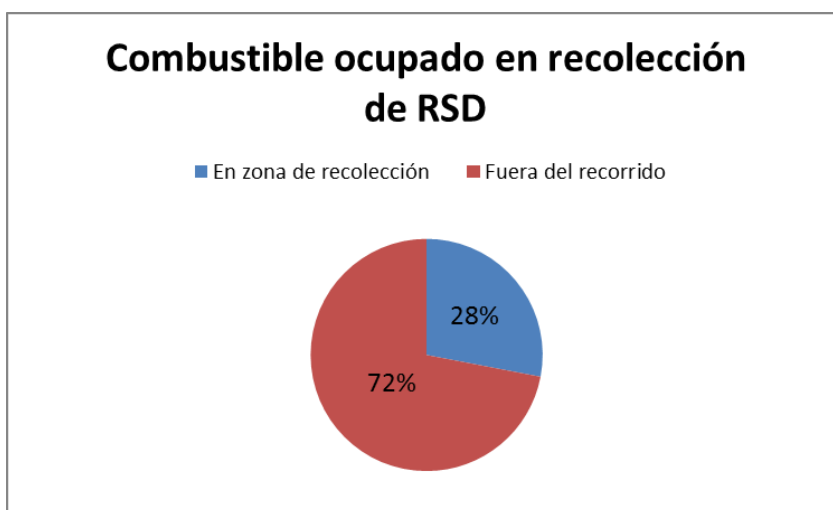


Gráfico 22: Porcentaje de combustible consumido en zona de recolección en comparación con fuera del recorrido.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El mayor porcentaje de combustible se debe a recorridos que se realizan fuera del sector de recolección, la razón principal es que el lugar donde se depositan los residuos queda muy retirado de los puntos de recogida, es por esto que es fundamental el uso de las estaciones de transferencia, lo que ayudaría a disminuir este trayecto y a la vez los costos en combustible. Otra manera de disminuir estos costos es con la implementación de la herramienta GPS, con la que se podrá realizar seguimiento en tiempo real a los camiones de recolección, por lo que los conductores no podrán abandonar el recorrido y realizar trabajos personales.

De los gastos totales en combustible al año, un 22% se puede disminuir con un plan de mejoras y con la mayor utilización de los recursos que contamos. Se debe mejorar la hoja de ruta de los conductores de operativos para obtener más información referente a (kilómetros recorridos, tiempo en operativo, combustible, etc.).

A continuación se realizara un análisis a la flota de recolección, para encontrar los factores críticos que influyen directamente en el problema del inadecuado manejo de la gestión de los residuos, como son los días operativos, kilogramos recolectados por vehículo, kilómetros recorridos, tiempos, etc.

4.3.2 Vehículos de Recolección

Son parte fundamental en los operativos y en los procesos de recolección domiciliaria. A continuación se entrega una lista de la flota de camiones del departamento.

Tabla 18: Lista de camiones de recolección.

N°	Tipo Camión	Año	Capacidad en Kg
E-42	Camión Res Voluminosos	1998	4000
E-43	Camión Carro Plano	1998	3000
R-09	Camión Recolector	1997	8000
R-10	Camión Recolector	1997	8000
R-11	Camión Recolector	1997	9500
R-12	Camión Recolector	1997	9500
R-13	Camión Recolector	1997	6000
R-136	Camión Recolector	1992	5000
R-137	Camión Recolector	1992	5000
R-138	Camión Recolector	1992	5000
R-139	Camión Recolector	1992	5000
R-143	Camión Recolector	1992	5000
R-16	Camión Recolector	1997	6000
R-17	Camión Recolector	1997	6000
R-18	Camión Recolector	1997	6000
R-19	Camión Recolector	1997	6000
R-21	Camión Recolector	1997	6000
R-22	Camión Recolector	1997	6000
R-23	Camión Recolector	1997	6000
R-24	Camión Recolector	1997	6000
R-25	Camión Recolector	2013	8000
R-26	Camión Recolector	2013	8000
R-27	Camión Recolector	2013	8000
R-28	Camión Recolector	2013	8000
R-29	Camión Recolector	2013	8000
R-30	Camión Recolector	2013	8000
R-31	Camión Recolector	2015	8000
R-32	Camión Recolector	2015	8000

R-33	Camión Recolector	2015	8000
T-04	Camión Tolva	1997	3000
T-05	Camión Tolva	1997	3000
T-06	Camión Tolva	1997	3000
T-35	Camión Tolva	1998	4000
R-14	Camión Recolector	1997	6000
R-140	Camión Recolector	1992	5000
R-134	Camión Recolector	1992	5000
T-148	Camión Tolva	1992	3000
R-20	Camión Recolector	1997	6000

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Según el “*DECRETO N° 261, DE 7 DE MARZO DE 1980 MINISTERIO DEL INTERIOR Aprueba el reglamento para la aplicación de los artículos 7°, 8° y 9° del decreto ley 3.063, de 1979, sobre Rentas Municipales, en lo relativo al cobro del servicio domiciliario por extracción de basuras (Publicado en el "Diario Oficial" N° 30.624, de 25 de marzo de 1980).*

Artículo 4 Los rubros de gastos que se consideraran para determinar el costo del servicio son los siguientes:

d) Gastos de capital (provisiones de fondos necesarios para la renovación de equipos mecánicos).

Camiones recolectores y sus equipos complementarios, tienen una vida útil de 7 años y un valor residual de 16%. Por consiguiente la amortización anual que debe aplicarse es de 12% del valor inicial del vehículo y de sus respectivas tolva o sus equipos adicionales “.

El consumo de combustible, que evidentemente es una parte elevada del costo del servicio, se ha incrementado en aproximadamente un 50% desde el año 2015 a la fecha. Esto se debe en parte a una flota que ha envejecido, lo cual ha llevado a la municipalidad al proceso de reemplazo de flota.

De los 38 vehículos, el 76% tiene más de 20 años de uso con lo que su funcionamiento no es el óptimo, gastan mucho más en combustible por su bajo rendimiento, se tiene costos más altos de operación y mantenimiento ya que están más expuestos a fallas mecánicas, lo que tiene como consecuencia directa la no recolección de residuos por falta de camión.

Esto se evidencia en la gráfica siguiente que muestra el porcentaje de días operativos, como los días que se encuentra en maestranza por algún desperfecto.



Gráfico 23: Porcentaje de días operativos en relación a los en mantención.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se evidencia en el gráfico que de los 38 vehículos de recolección, del total de días laborales promedio en un año, los vehículos estuvieron operativos para la recolección solo un 60% de los días.

A continuación un gráfico en donde se refleja el porcentaje de la flota de camiones que esta operativos para la recolección según el rango de días de la tabla anterior.

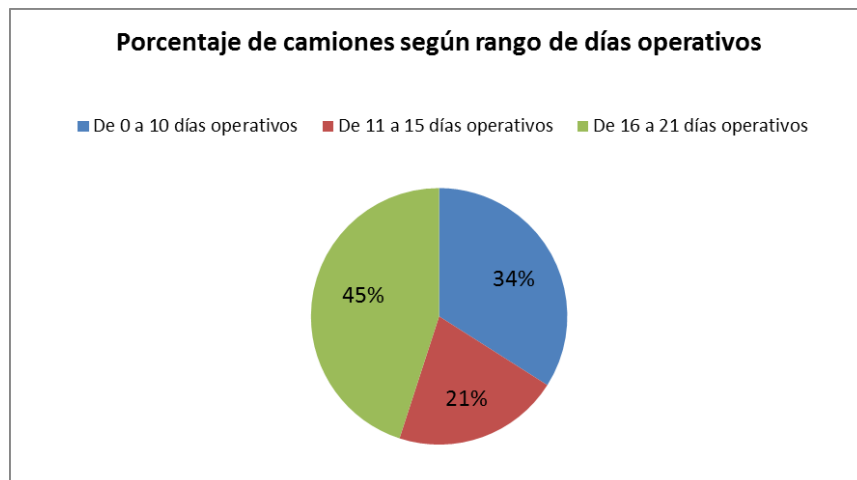


Gráfico 24: Porcentaje de camiones operativos.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se evidencia que más de la mitad de la flota de camiones de recolección trabaja menos de 15 días laborales al mes, lo que significa la no recolección de residuos en distintos sectores de la comuna. A continuación se realizara una comparación entre camiones de más de 20 años de uso y menos de 10, para reflejar que los pocos días operativos de los camiones se

debe a que cumplieron su vida útil (7 años) por lo que a causa de desperfectos mecánicos se encuentran en mantención.

Tabla 19: Comparación Días operativos según años en uso.

N° Camión	Años	Días Operativo	N° Camión	Años	Días Operativo
R-31	3	21	R-136	26	0
R-32	3	21	R-134	26	0
R-33	3	21	R-140	26	1
R-29	5	21	R-21	21	1
R-25	5	21	R-139	26	4
R-28	5	19	R-20	21	7

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación un grafico donde se evidencia la antigüedad de la flota de camiones de recolección.

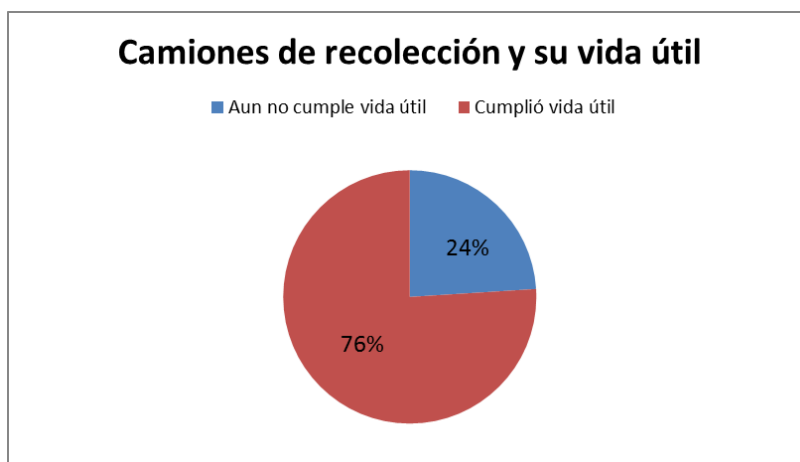


Gráfico 25: Camiones de recolección y porcentaje que cumplió su vida útil.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El 24% de los vehículos de recolección tienen entre 3 a 5 años de uso y son los que más días operativos tienen. A diferencia de los que tienen más de 20 años de uso que equivalen a un 76% de la flota, son los que ya cumplieron su vida útil, menos productivos y pasan a ser un problema en vez de un beneficio para el sistema de recolección por su alto gasto en combustible y mantención.

Como una forma de ver a simple vista que los conductores llegan al lugar de disposición final con capacidad disponible en los camiones, se realiza el grafico de residuos recolectados por camión. La compresión de los camiones es 2:1.

De esta forma iremos acotando las causas del problema y nos servirá para comprobar que los camiones con más de 20 años de uso son los menos productivos para el proceso.

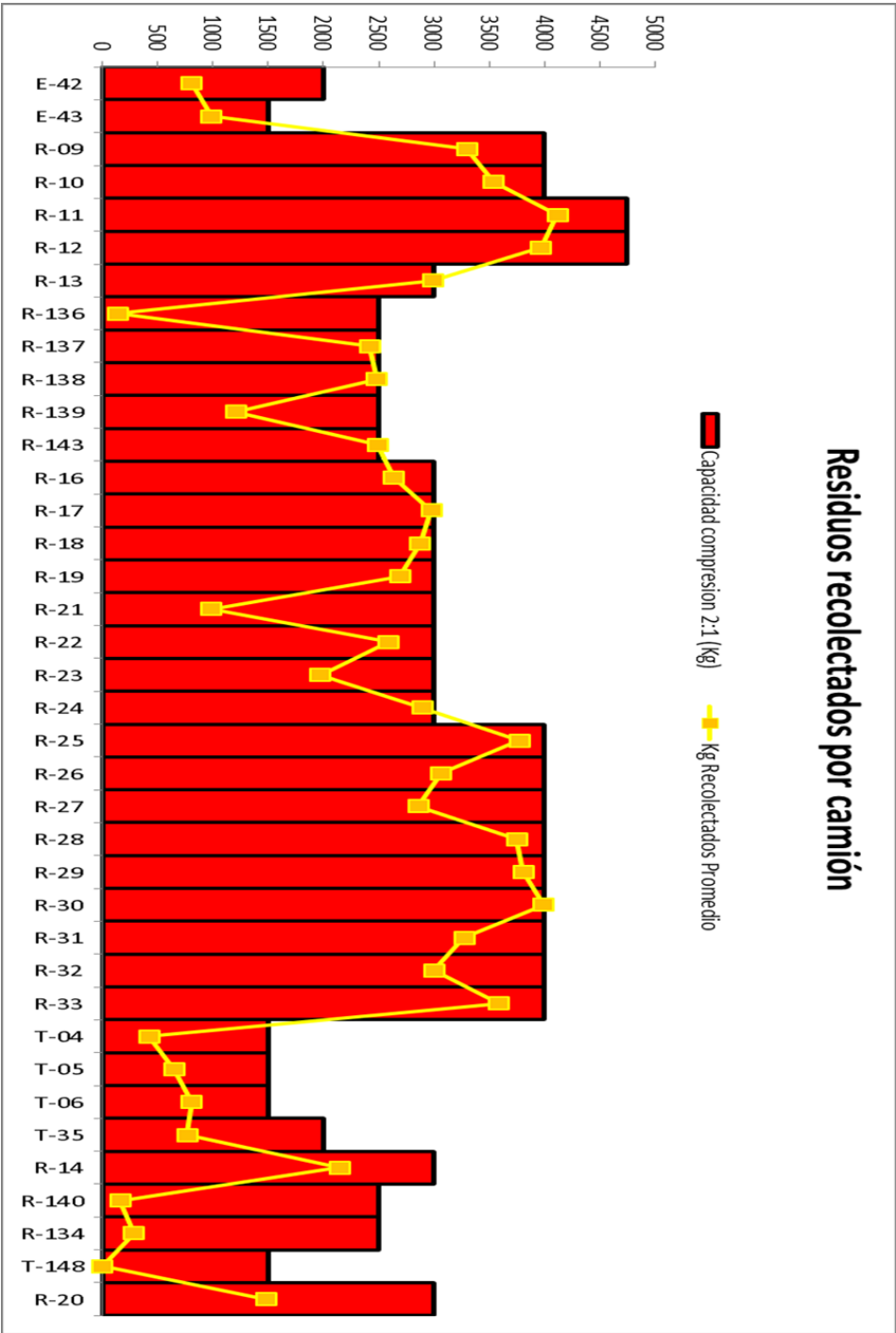


Gráfico 26: Residuos recolectados por camión.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

La mayoría de los camiones de recolección han llegado al relleno sanitario El Molle con capacidad disponible. Si se considera que el promedio de carga de los camiones que llegan es de 4570 kg, más de un 40% de los camiones contenían una carga inferior al promedio.

Se aprecian camiones con muy poca o ninguna recolección, lo que es natural considerando que la gráfica incluye todas las categorías de camión, incluyendo los camiones tolva y otros de apoyo, que en rigor no entregan servicios de recolección de residuos domiciliarios.

A continuación se realizara una comparación entre camiones de más de 20 años de uso y menos de 10.

Tabla 20: Comparación carga recolectada por camión por años de uso.

Nº Camión	Años	Carga promedio(Kg)	Nº Camión	Años	Carga promedio(Kg)
R-31	3	6.551	R-136	26	271
R-32	3	5.998	R-134	26	570
R-33	3	7.178	R-140	26	329
R-29	5	7.621	R-21	21	1969
R-25	5	7.554	R-139	26	2413
R-28	5	7.505	R-20	21	2968

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

La capacidad promedio de carga de los camiones más antiguos es de 5.300 kg, ya nos dimos cuenta que la razón de su mala productividad no es su capacidad de carga, sino por tener en conjunto menos del 3 % de días operativos del total de los camiones de recolección. Más adelante se creara otro indicador de control de flota, pero esta vez para poder identificar los vehículos de recolección más eficientes a simple vista.

4.3.3 Número de Viviendas Atendidas

En la ciudad de Viña del Mar existen 3 sistemas de recolección por sector:

COSEMAR S.A: El sistema de recolección de RSD de esta empresa es conocido como sistema de carga lateral, las personas deben depositar su basura en contenedores (denominados “estándar”) localizados en la cercanía de su hogar, para que luego grandes camiones de detengan a un costado de estos y a través de un sistema semiautomático, operado por el conductor desde la cabina, levante estos contenedores y vierta su contenido dentro del camión. La ventaja de este sistema es que se reduce el tamaño de la mano de obra y los ciudadanos son libres de deshacerse de su basura cuando estimen conveniente.

MUNICIPIO: La recolección de RSD se realiza mediante el sistema tradicional o puerta a puerta el que consiste en que un camión dotado de un equipo de aproximadamente 4 operarios recorren las calles de los hogares, recogiendo casa a casa la basura que la población deja en bolsas para luego depositarlas en el camión. La desventaja de este método es que las personas se ven obligadas a sacar la basura solo en días y horas determinadas, este proceso de recolección es lento y se requiere de una gran cantidad de mano de obra.

MIXTO: La recolección en el sector se realiza por empresa externa COSEMAR S.A en lugar con pendiente menor para poder instalar los contenedores y posterior carga lateral y por medio del Municipio en los lugares con difícil acceso y con mayor pendiente, mediante el sistema tradicional puerta a puerta.

Tabla 21: Número de viviendas atendidas.

Número de viviendas atendidas	
COSEMAR S.A	61.377
MUNICIPIO	127.517
Total	188.894

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

4.3.4 Sectores de Recolección.

Cada sector se divide en zonas operativas con la asignación de un vehículo recolector para cada una. Se realizan recolecciones 2 veces por semana por cada zona.

A continuación se muestra el mapa de Viña del Mar, con los sectores atendidos por COSEMAR S.A y por el Municipio, existen sectores que son atendidos por ambos (Como el sector de Reñaca Alto).

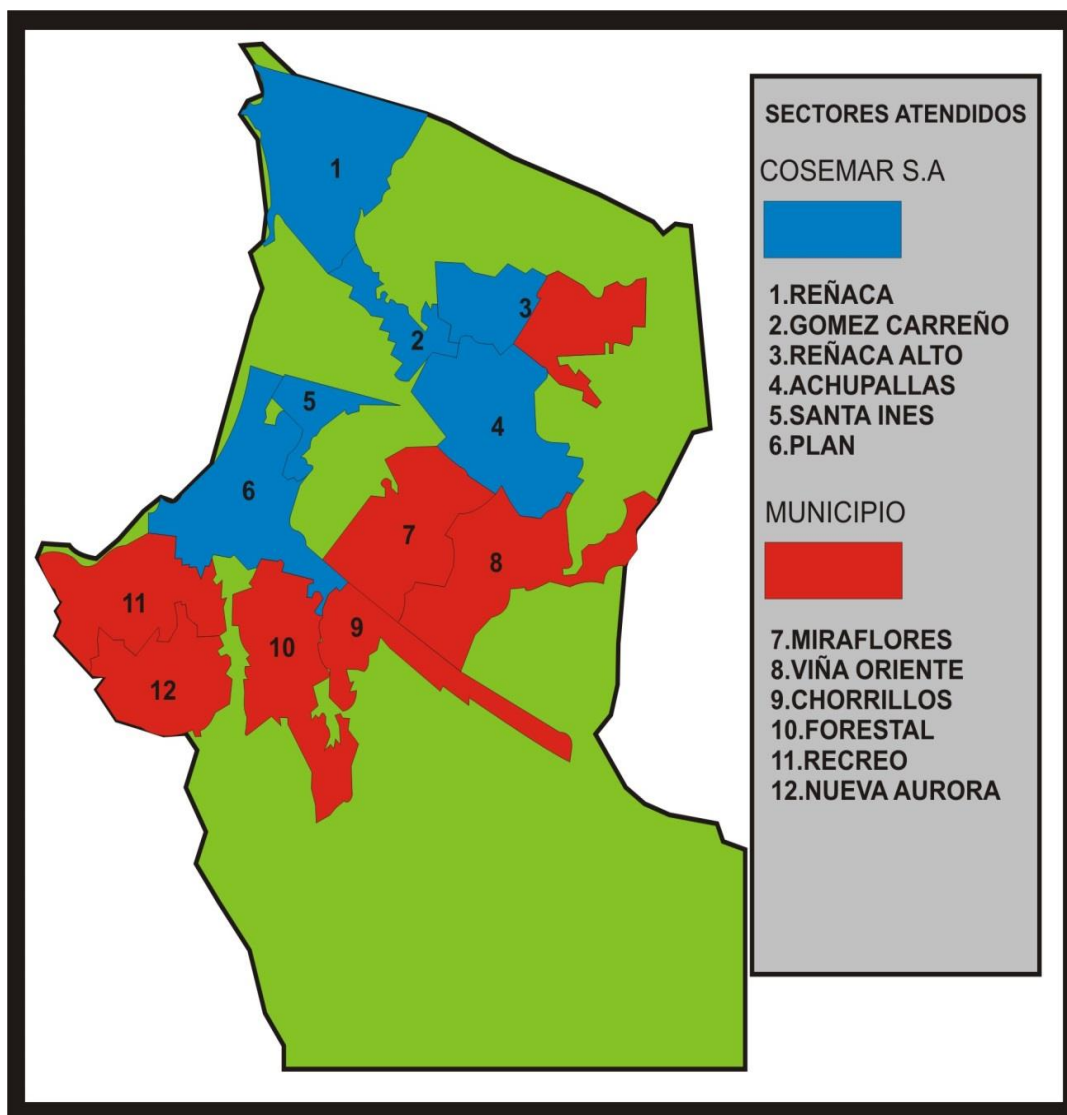


Figura 16: Sectores atendidos en Viña del Mar.

Fuente: Elaboración propia.

En Viña del Mar existen 36 asentamientos humanos irregular, son aproximadamente 17.000 personas, de las cuales 27% se encuentra en el sector de Reñaca Alto (Valdebenito, 2017). Este sector es el que tiene mayor frecuencia de recolección en los operativos de microbasurales y voluminosos. La mala entrega del servicio de recolección provoca el descontento de la población, que se refleja a su vez en reclamos y en la creación de tiraderos clandestinos o microbasurales.

Es por esta misma razón que el estudio se realizara en el sector de Reñaca Alto el cual cuenta con recolección mixta, es decir por medio de contenedores verdes que se encuentran en las calles y son recolectados por camiones de carga lateral de la empresa externa COSEMAR S.A y por medio del Municipio que recolecta los residuos de la forma tradicional en donde operarios sacan los residuos de afuera de las casas a pasos del camión.

4.3.5 Rutas por sector

Reñaca Alto con una superficie de 734 hectáreas y una población de 29.082 habitantes (INE, censo 2017) cuenta con un sistema de recolección de RSD mixto, esto quiere decir que es atendida por la empresa COSEMAR S.A por medio de contenedores de carga lateral y por recolección mediante sistema tradicional o puerta a puerta (Municipio).

Las rutas e itinerarios han sido construidos combinando el conocimiento tradicional de los conductores con modificaciones surgidas de la creciente demanda provocada por el repoblamiento.

Mediante la sectorización (macroruteo), Reñaca Alto se divide en 3 zonas, con 3 rutas distintas con frecuencia 2 veces por semana.

- Ruta 1RAA (Lunes y Jueves).
- Ruta 2RAA (Martes y Viernes).
- Ruta 3RAA (Miércoles y Sábado).

Estas rutas solo están en el conocimiento del conductor designado y en los operarios que lo acompañan. Lo que se busca con el macroruteo y posterior sectorización es digitalizar esas rutas para que cualquier conductor pueda realizar el punto de recogida si es que el conductor falta. En la actualidad si el conductor falta, se envía conductor de remplazo pero este al no conocer las rutas por no estar digitalizadas y no tener experiencia previa, deja el punto de recolección incompleta dejando insatisfacción en la población por una mala o nula recolección.

A continuación se realizaron 3 tablas con cada una de sus rutas, para encontrar los tiempos que involucraron en el proceso, como también kilómetros recorridos y toneladas recolectadas por año.

Ruta 1RAA: Frecuencia de recolección (lunes y jueves)

Tabla 22: Información obtenida sobre la Ruta 1RAA.

RUTA 1RAA	
Tiempo en llegar al inicio recolección	0:23:33
Tiempo recolectando RSD	6:08:46
Tiempo en llegar a la base	1:52:31
Tiempo total de recolección	8:30:39
Kilómetros recorridos promedio	30
Kilómetros recorridos en total	95
Kilogramos recolectadas por año	799.000
Numero Viviendas	1.975

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación se grafican los kilómetros recorridos en recolección y los kilogramos recolectados.

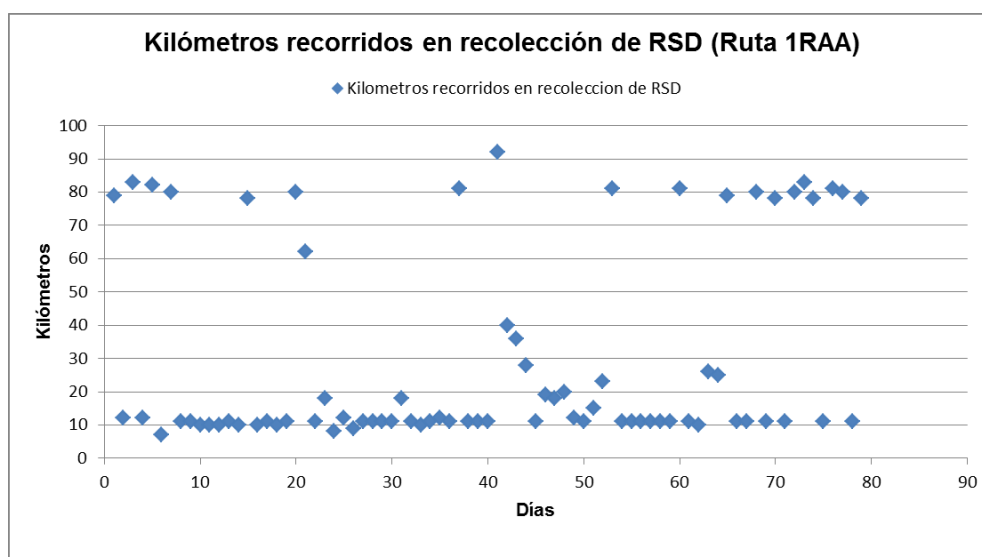


Gráfico 27: Kilómetros recorridos ruta 1RAA.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Este grafico nos refleja un aumento en los kilómetros recorridos en el 34% de los días de recolección, para saber si se justifica este aumento en relación con los kilogramos recolectados se muestra la gráfica siguiente.

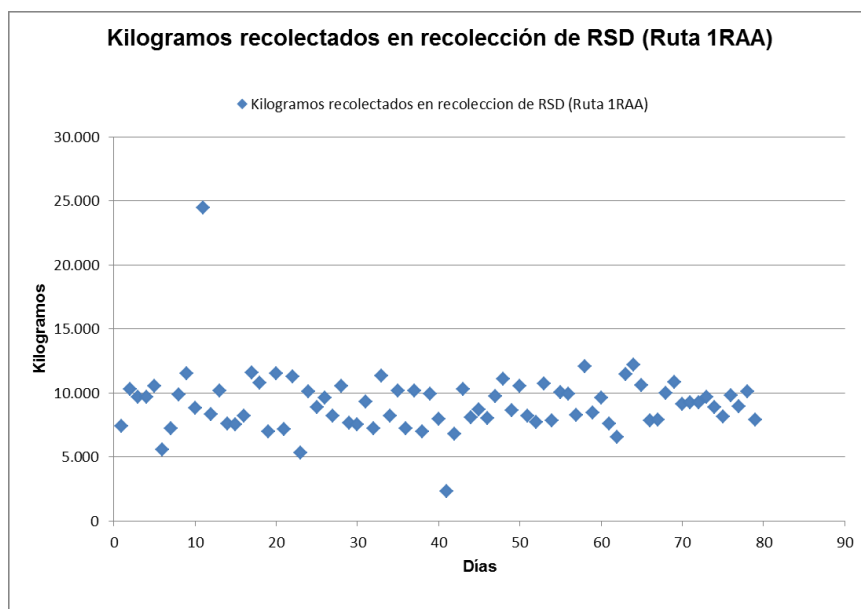


Gráfico 28: Kilogramos recolectados ruta 1RAA.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se concluye que no se justifica el aumento de los kilómetros recorridos en la ruta debido a que los kilogramos recolectados por día no varían considerablemente, se debe revisar la razón de este aumento en kilometraje, lo que lleva a un aumento en el costo de combustible y en los tiempos de recolección.

Ruta 2RAA: Frecuencia de recolección (martes y viernes).

Tabla 23: Información obtenida sobre Ruta 2RAA.

RUTA 2RAA	
Tiempo en llegar al inicio recolección	0:26:30
Tiempo recolectando RSD	6:27:24
Tiempo en llegar a la base	1:57:13
Tiempo total de recolección	8:49:49
Kilómetros recorridos promedio	26
Kilómetros recorridos en total	99
Kilogramos recolectadas por año	725.077
Numero Viviendas	1.793

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación se grafican los kilómetros recorridos en recolección y los kilogramos recolectados.

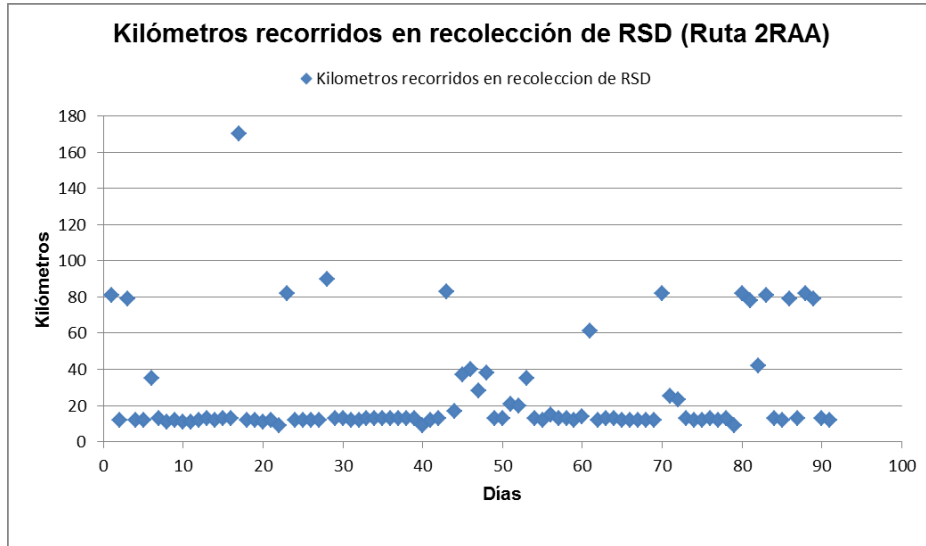


Gráfico 29: Kilómetros recorridos ruta 2RAA.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se produce un aumento en los kilómetros recorridos en un 24% de los días operativos al año, a continuación se grafica los kilogramos recolectados en ruta para saber si se justifica este aumento en el kilometraje.

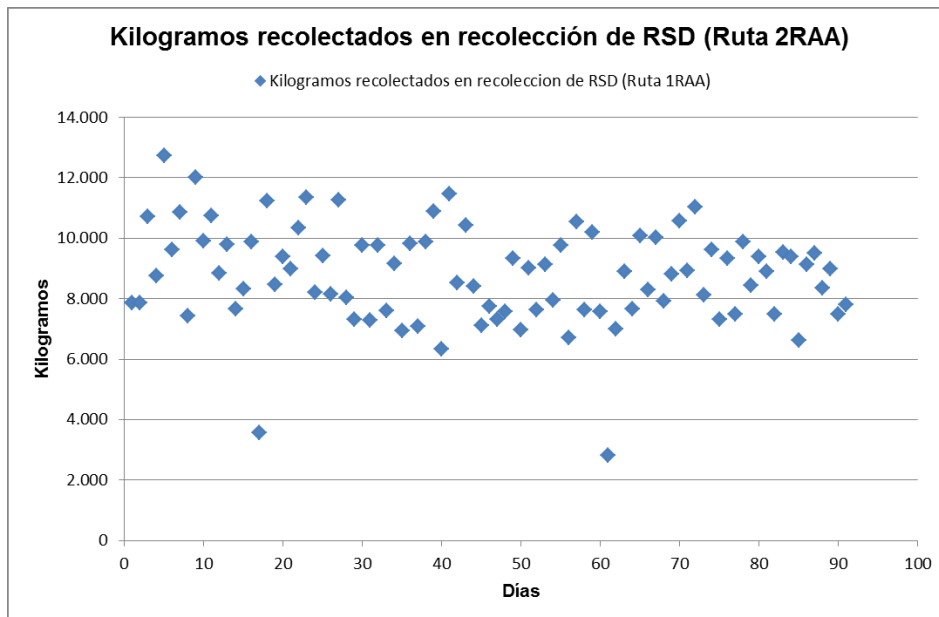


Gráfico 30: Kilogramos recolectados ruta 2RAA.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se refleja con esta última grafica que no existe relación entre el aumento en los kilómetros recorridos con los kilogramos recolectados ya que ultimo no tiene una variación considerable.

Ruta 3RAA: Frecuencia de recolección (miércoles y sábado).

Tabla 24: Información obtenida sobre Ruta 3RAA.

RUTA 3RAA	
Tiempo en llegar al inicio recolección	0:30:27
Tiempo recolectando RSD	5:26:22
Tiempo en llegar a la base	2:06:48
Tiempo total de recolección	8:01:42
Kilómetros recorridos promedio	15
Kilómetros recorridos en total	95
Kilogramos recolectadas por año	674.180
Numero Viviendas	1.667

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación se grafican los kilómetros recorridos en recolección y los kilogramos recolectados.

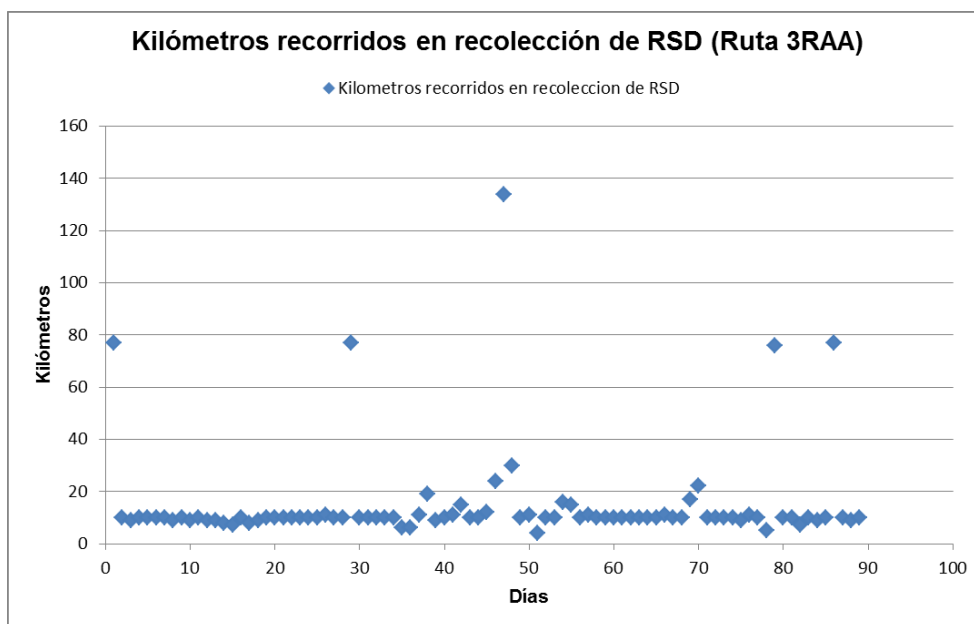


Gráfico 31: Kilómetros recorridos ruta 3RAA.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se refleja que no existe una variación considerable en los kilómetros recorridos en relación al promedio de kilómetros por ruta, a continuación un gráfico de los kilogramos recolectados en la ruta 3RAA.

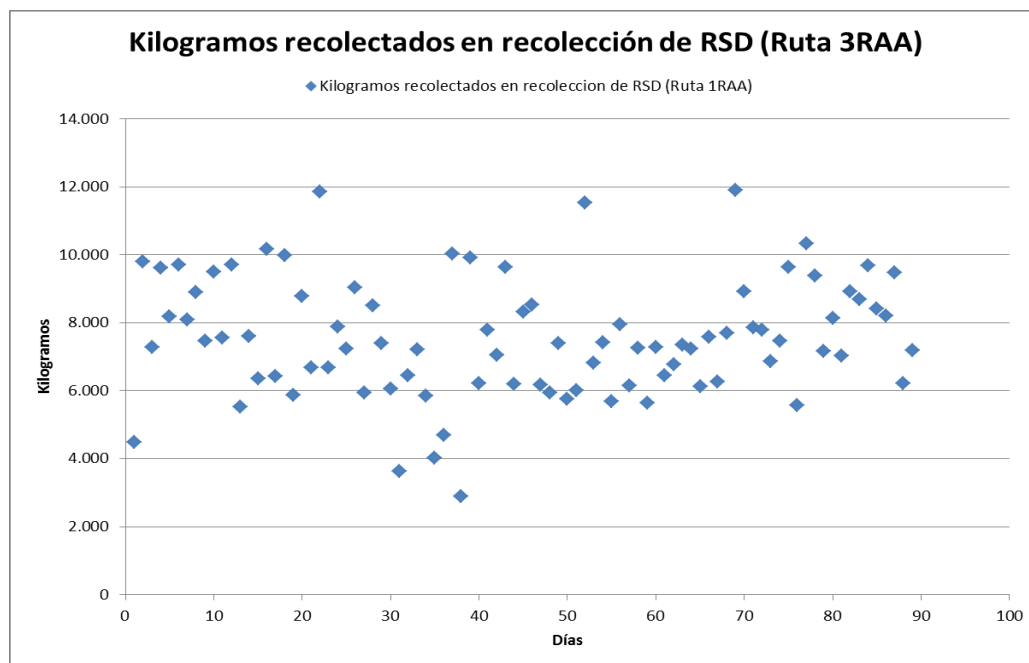


Gráfico 32: Kilogramos recolectados ruta 3RAA.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

La variación en los kilogramos recolectados se debe a que existen días en que se realiza el punto de recolección completo y otros en que se deja el punto incompleto quedando el camión con capacidad de carga.

Con el análisis de las rutas correspondientes al sector de Reñaca Alto, se concluye que existen 3.246 Kilómetros de recolección que no tiene relación con la distancia recorrida en las rutas (1RAA, 2RAA, 3RAA) por lo que se deben investigar la razón de este aumento en el kilometraje debido a que esto produce un aumento en los costos de combustible. Para esto se debe implementar GPS para obtener en tiempo real la ubicación de la flota, recorridos y consumo de combustible.

A simple vista se ve que la ruta 1RAA es la que más varía en cuanto a los kilómetros recorridos, pero no así los kilogramos recolectados, por lo que se debe investigar la razón del aumento. La ruta 2RAA y 3RAA son las que recorren más kilómetros en el total de la recolección, esto se debe porque el inicio de la recolección se encuentra en la cima de un cerro, lo que dificulta la entrega del servicio. De otra forma sería difícil maniobrar el camión con carga en terrenos con pendientes muy pronunciadas como en los cerros. Las partes más elevadas deben recorrerse en los inicios de ruta.

4.4 Mejorar

Se realizó un seguimiento personalizado a la recolección domiciliar del sector de Reñaca Alto que es atendido por el conductor N°32 más 4 operarios, en el camión de recolección R-29 con capacidad máxima de 8.000 kg en compactación 2:1.

4.4.1 Propuesta: Digitalización de rutas

Para el seguimiento se usó metodología de la entrevista directa para conocer más del funcionamiento del conductor y operarios en terreno, más una aplicación de celular “Runtastic gps” que usa herramienta geo referencial como el GPS para indicar la ruta realizada por el camión de recolección.

4.4.1.1 Sector Reñaca Alto



Figura 17: Mapa del sector de Reñaca Alto

Fuente: Elaboración propia

En el mapa de la figura anterior se marcaron con colores (rojo, verde, azul) las rutas de recolección por el Municipio y con negro el sector que es atendido por COSEMAR S.A.

Tabla 25: Indicador de colores según ruta.

Color	Ruta
Rojo	1RAA (Lunes y Jueves)
Verde	2RAA(Martes y Viernes)
Azul	3RAA(Miércoles y Sábado)
Negro	COSEMAR S.A

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación una tabla con la información del distrito de Reñaca Alto.

Tabla 26: Información necesaria del sector de Reñaca Alto (Censo 2017).

Superficie Km²	20,4
Población	29.082
Viviendas	7.548

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

4.4.1.3 Ruta 2RAA

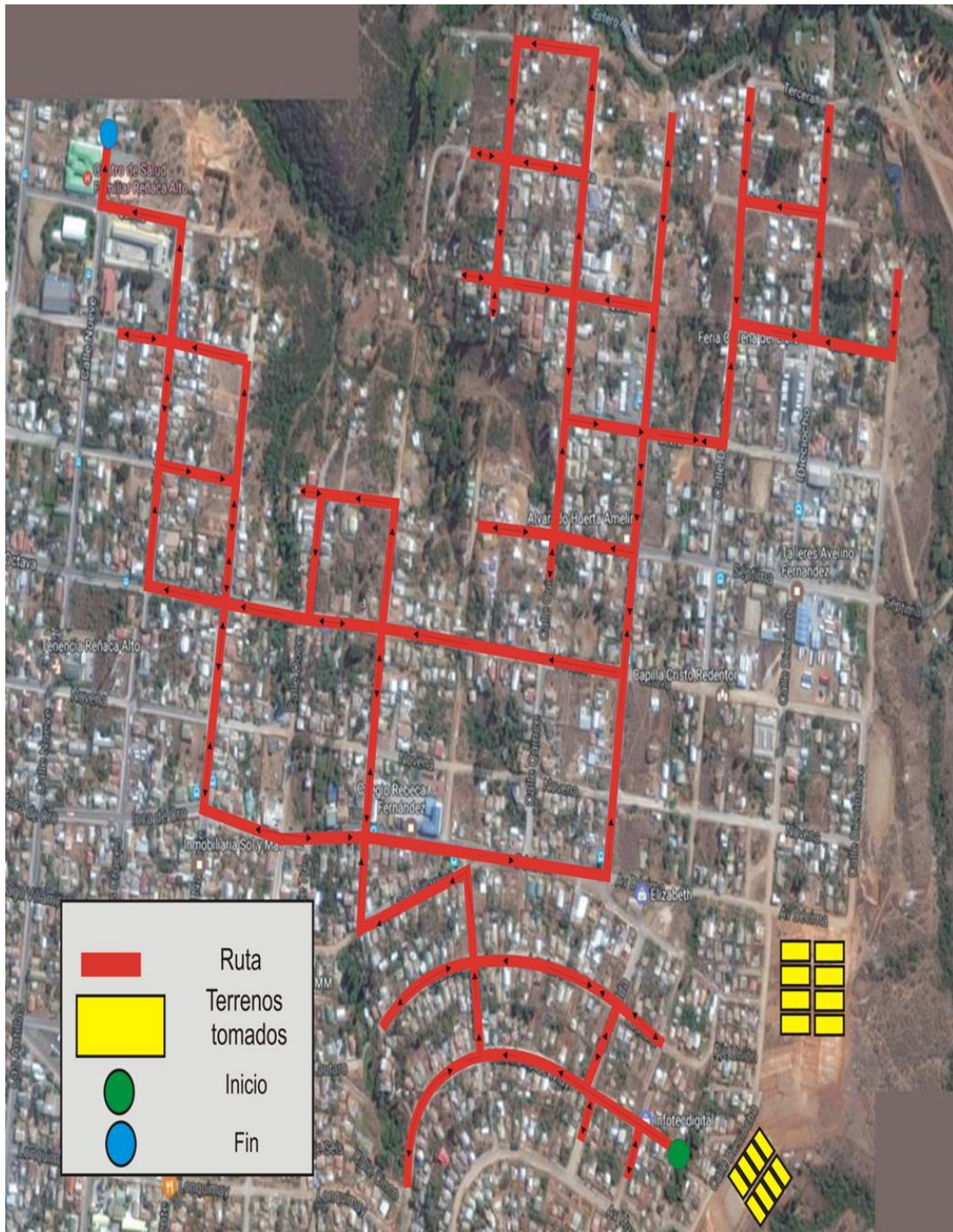


Figura 19: Mapa con la digitalización del recorrido ruta 2RAA.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.4 Ruta 3RAA

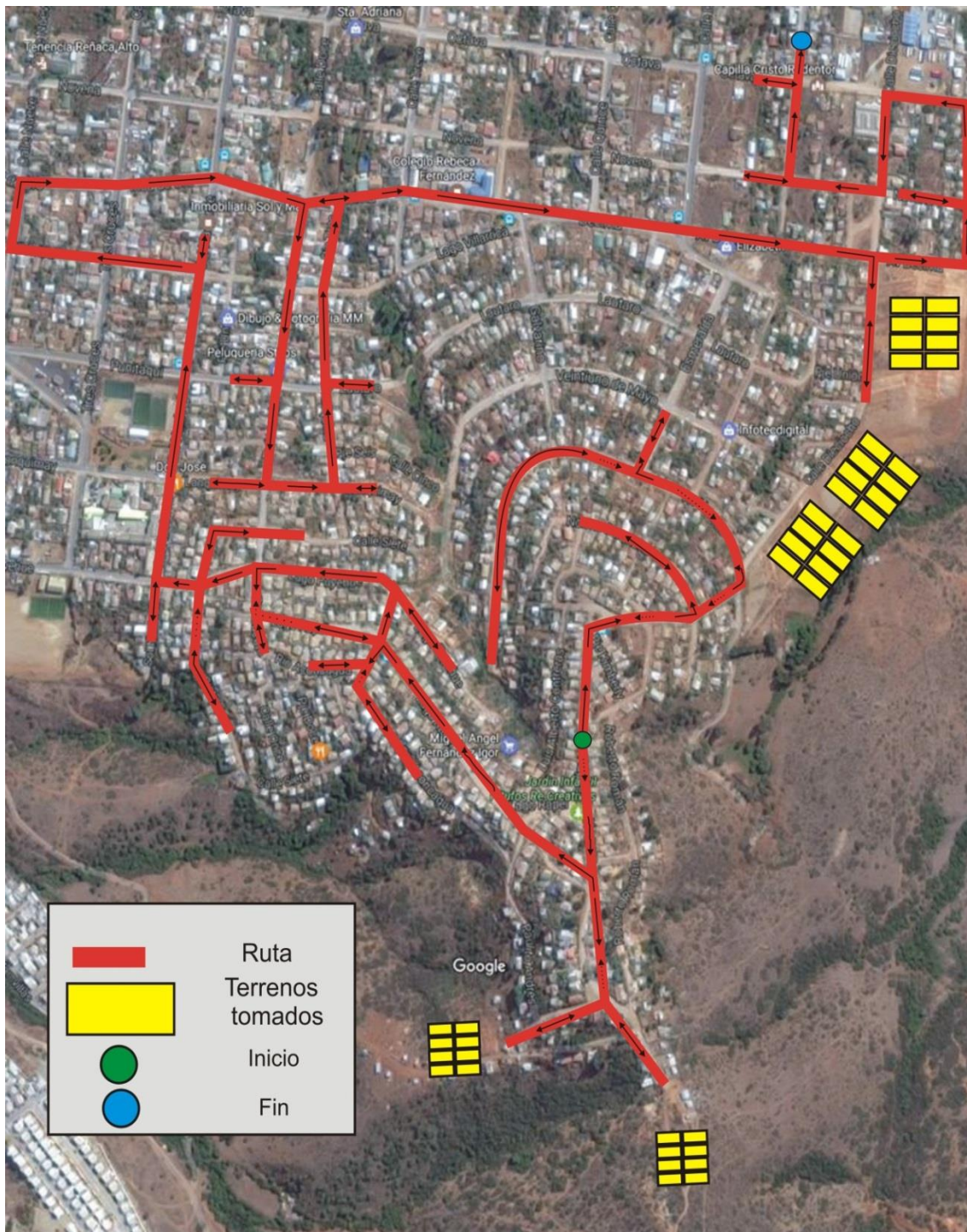


Figura 20: Mapa con la digitalización del recorrido ruta 3RAA.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la digitalización de las rutas de recolección, se ocupara la información obtenida en la sección 4.3, y con la ayuda del macroruteo se encontrara la distancia que cubre la recolección, para después compararlas con el recorrido promedio actual en la ruta.

4.4.2 Propuesta: Macroruteo

El diseño de rutas consiste principalmente en aumenta los valores de “a”, es decir, que las distancias productivas sean máximas y que las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible.

A continuación la información necesaria para el sector de Reñaca Alto.

Tabla 27: Información necesaria para el macroruteo del sector de Reñaca Alto.

Volumen de la caja de vehículo (V)	16 m ³
Peso volumétrico de los residuos sólidos en el vehículo en kg/m³ (Pv)	500 kg/m ³
Frecuencia de recolección (F)	2/7
Habitantes promedio por casa (Hc)	5.5 Hab
Producción de residuos en kg/hab/día (G)	1,05 kg/hab/día
Rendimiento promedio cuadrilla kg/hora-hombre (R)	374 kg/hora-hombre
Duración jornada normal de trabajo (H)	8 horas
Factor de cobertura (K)	1
Factor de reserva (Fr)	1,1
Número de viajes (N)	1
7/dh	7/4
Densidad sector Reñaca Alto	1000 Hab/Km ²

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Con esta información se realizaran los cálculos para encontrar las variables que tienen en común las 3 rutas de recolección:

- a) Capacidad útil del vehículo de recolección.

$$C = V \times Pv = 16 \times 500 = 8.000 \text{ kg}$$

- b) Número de vehículos necesarios.

$$Nv = \frac{G \times P \times 7 \times Fr \times K}{N \times C \times dh} = \frac{1,05 \times 29082 \times 7 \times 1 \times 1,1}{1 \times 8000 \times 4} = 7 \text{ vehiculos}$$

c) Tamaño de la cuadrilla.

$$Nr = \frac{N \times C}{R \times H} = \frac{1 \times 8000}{374 \times 8} = 3 \text{ operarios}$$

Si se hicieran 2 viajes por día se necesitarían 5 recolectores u operarios.

Una vez sacado los valores de las variables en común, encontraremos el tiempo disponible, velocidad de avance, población atendida, distancias productivas para cada una de las rutas, información necesaria para el posterior balance de rutas. Se ocupara información que se encuentra en la tabla 21,22 y 23 de la sección **4.3.2 Rutas de recolección**.

d) Tiempo disponible.

T = Tiempo jornada laboral – (Tiempo de base a punto recolección + Tiempo desde termino recolección, ir al vertedero y volver a la base)

Tabla 28: Tiempo disponible para la recolección.

Ruta	Resolución formula	Tiempo disponible
1RAA	T = 480 – (23 + 112) =	345 minutos
2RAA	T = 480 – (26 + 117) =	337 minutos
3RAA	T = 480 – (30 + 126) =	324 minutos

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

e) Velocidad de avance

$$r = \frac{\text{Distancia recorrida en ruta}}{\text{Tiempo empleado en ruta}}$$

Tabla 29: Velocidad de avance en la recolección.

Ruta	Resolución formula	Velocidad de avance
1RAA	r = 30 / 6,13 =	4,9 km/hr
2RAA	r = 26 / 6,45 =	4,0 km/hr
3RAA	r = 15 / 5,43 =	2,8 km/hr

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

f) Distancia productiva

$$a = \frac{\text{Distancia que recorre en ruta}}{\text{Distancia total}}$$

Tabla 30: Distancia productiva en la recolección.

Ruta	Resolución formula	Distancia productiva
1RAA	a = 30 / 90	0,32
2RAA	a = 26 / 99	0,26
3RAA	a = 15 / 95	0,16

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Con esta información sacamos la distancia que se cubre en la recolección.

g) Distancia que cubre la recolección

$$dr = \frac{(a \times T \times r)}{60}$$

Tabla 31: Distancia que cubre la recolección.

Ruta	Resolución formula	Distancia cubre la recolección
1RAA	dr = (0,32 x 345 x 4,9) / 60	8,97 km
2RAA	dr = (0,32 x 345 x 4,9) / 60	5,98 km
3RAA	dr = (0,32 x 345 x 4,9) / 60	2,34 km

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Comparamos los resultados con la distancia recorrida promedio de cada ruta y obtenemos la tabla de resultados del balance de rutas que se muestra a continuación.

Tabla 32: Resultados de balance de ruta.

Ruta	Distancia recorrida promedio	Distancia que cubre la recolección	Caso	Situación
1RAA	30 km	8,97 km	30 km > 8,97 km	El tiempo disponible no alcanza y se debe hacer ajustes

				a la ruta.
2RAA	26 km	5,98 km	26 km > 5,98 km	El tiempo disponible no alcanza y se debe hacer ajustes a la ruta.
3RAA	15 km	2,34 km	15 km > 2,34 km	El tiempo disponible no alcanza y se debe hacer ajustes a la ruta.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Con los resultados obtenidos en macroruteo, se obtuvo que el camión R-29 correspondiente al sector de estudio, tiene una capacidad útil de carga de 8000 kilogramos, también que se necesitarían 7 vehículos para una entrega eficiente del servicio de recolección de RSD en el sector.

Lo que se busca es aumentar las distancias productivas, que en el caso de estudio son menores al rango normal de los países de Latinoamérica (0,6 a 0,9), esto se debe a la morfología del terreno de la comuna, que tiene cerros con pendientes pronunciadas, calles sin salida y no pavimentadas, lo que dificultan la entrega del servicio de recolección.

Cuando la distancia desde el sector de recolección al lugar de disposición final sea menor, la distancia productiva será mayor y podremos decir que el servicio de recolección es más eficiente. La única forma de lograr esto es con una estación de transferencia.

Como las distancias recorridas en ruta son mayores a la distancia que cubre la recolección, se tendrán que realizar ajustes ya que el tiempo disponible no es suficiente, es por esta razón que los puntos de recolección se dejan sin terminar y aumentan los reclamos de la población. En el caso de la ruta 1RAA con frecuencia de recolección de Lunes y Jueves se evaluará la propuesta de externalización, con el objetivo de una mejor entrega del servicio, disminuir el descontento de la población y evitar el doble viaje al lugar de disposición final con lo que disminuirémos los costos de operación y mantenimiento de la flota.

A continuación se propone un modelo matemático para confirmar que el número necesario de vehículos de recolección para el sector en estudio es de 7 camiones.

4.4.3 Propuesta: Determinar N° necesario de camiones de recolección.

El primer problema en la recolección de desechos sólidos y en particular de las macrorutas consiste en determinar el número de vehículos que deben utilizarse dada la generación de la basura, el método que se seguirá para la recolección y las posibilidades económicas del municipio.

La solución se encuentra modelando mediante métodos matemáticos que establecen relación entre capacidad de recolección y la generación de las zonas de recolección.

A continuación se presenta el planteamiento de un programa lineal que consiste en minimizar una función objetivo, que en este caso es el **costo horario de los vehículos de recolección**:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n C_i X_i$$

Dónde:

C_i → Costo horario del camión tipo i.

X_i → Número de camiones tipo i requeridos.

Sujeto a las siguientes restricciones.

1ª Restricción.

Dependiendo de la frecuencia de recolección.

Frecuencia de recolección	Días de Recolección	Restricción
Dos veces por semana	Lunes, Martes, Miércoles	$\sum_{i=0}^n W_i X_i N_i \eta_i \geq \frac{4S}{3}$

Dónde:

$$S = (P \times G)$$

S = Generación diaria de residuos de la ciudad.

P = Población total servida en habitantes.

G = Generación en Kg/hab- día.

W_i = Capacidad en kg del camión tipo i.

N_i = Numero de viajes por día del camión tipo i.

η_i = Eficiencia de llenado del camión tipo i.

2ª Restricción.

$$\sum_{i=0}^n K_i X_i \leq W$$

Dónde:

K_i = Costo diario por mano de obra de operación de cada tipo de camión empleado.

W = Costo máximo diario de operación que el municipio presupuesta.

Con

$$X_i \geq 0$$

La aplicación de esta formulación proporciona entonces el número de cada tipo de camión y su solución será la que minimice la función objetivo propuesta.

El modelo se aplicara en el sector de estudio Reñaca Alto con una superficie de 734 hectáreas y una población de 29.082 habitantes (INE, censo 2017) cuenta con un sistema de recolección de RSD mixto, esto quiere decir que es atendida por la empresa COSEMAR S.A por medio de contenedores de carga lateral y por recolección mediante sistema tradicional o puerta a puerta (Municipio).

Antes del planteamiento del Modelo matemático se realizó un análisis de información para obtener los datos necesarios para el modelamiento. Con este análisis se obtuvo la siguiente información:

Tabla 33: Información necesaria para realizar modelo matemático.

Costo hora camión tolva	\$ 16.572
Costo hora camión recolector	\$ 22.438
Capacidad camión tolva	1.500 kg
Capacidad camión recolector	4.000 kg
Eficiencia tolva	85%
Eficiencia recolector	80%
Población total servida en habitantes (censo 2017)	29.082 habitantes
Generación en kg/hab- día	1,05 kg/día

Costo diario por mano de obra camión tolva	\$19.200
Costo diario por mano de obra camión recolector	\$38.400
Costo máximo diario de operación	\$ 3.118.794
Nº de camiones tolva operando	1
Nº de camiones recolector operando	3

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Planteamiento modelo matemático.

Variables

X_1 = Cantidad de camiones tolva necesarios.

X_2 = Cantidad de camiones de recolectores necesarios.

Función objetivo

$$\min Z = 16572 X_1 + 22438X_2$$

Restricción

1ª Esta restricción depende de la frecuencia de recolección, en este caso la frecuencia es de 2 veces por semana, por lo que se ocupa:

$$\sum_{i=0}^n W_i X_i N_i \eta_i \geq \frac{4S}{3}$$

Reemplazando valores en la restricción queda de la siguiente forma.

$$(1) 2550 X_1 + 6400 X_2 \geq 38776$$

2ª Esta restringida por los costos de mano de obra diario de operación por cada camión X_1 (Camión tolva) y X_2 (Camión recolector). Como también el costo máximo diario presupuestado en operación del municipio.

$$(2) 19200 X_1 + 38400 X_2 \leq 3118794$$

3ª En donde las variables X_1 y X_2 deben ser números enteros.

$$(3) X_1 \geq 0, X_2 \geq 0$$

El planteamiento anterior será solucionado con la herramienta SOLVER del programa Microsoft Excel 2010.

B	C	D	E	F	G	H	I
Nº DE CAMIONES NECESARIOS							
	<i>Camion tolva</i>	<i>Camion recolector</i>		Funcion Objetivo			
	1	6		Min Z	151.200		
Costo Hora	16.572	22.438					
	Restricciones				<i>Camion tolva</i>	<i>Camion Recolector</i>	<i>General</i>
40.950	>=	38.776		Capacidad recoleccion	2.550	6.400	38.776
249.600	<=	3.118.794		Costo Mano Obra	19.200	38.400	3.118.794

Figura 21: Planteamiento modelo en Solver de Microsoft Excel 2010.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Aplicando las restricciones en la herramienta Solver, se obtiene el siguiente reporte de sensibilidad.

Celda objetivo (Mín)				
Celda	Nombre	Valor original	Valor final	
\$G\$6	Min Z	151.200	151.200	

Celdas de variables				
Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero
\$C\$6	Camion tolva	1	1	Entero
\$D\$6	Camion recolector	6	6	Entero

Figura 22: Reporte de sensibilidad de Solver.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Resultados obtenidos en el modelamiento, $Z = \$ 151.200$.

Tabla 34: Resultados obtenidos modelo matemático en Solver.

Variable	Tipo Camión	Cantidad total necesaria
X_1	Camión Tolva	1
X_2	Camión Recolector	6

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El resultado del modelo nos mostró la necesidad 7 camiones de los cuales se cuentan con 4 (tomando como 1 camión por frecuencia de ruta y el camión tolva que se ocupara para operativos) por lo que faltarían 3, para la compra de camiones se debe realizar un análisis económico con la metodología de remplazo de equipos que se necesita según la Circular 33 para los proyectos que se entregan en el FNDR (Fondo nacional de desarrollo regional) para solicitar fondos.

A continuación un análisis económico con la metodología de remplazo de equipos (Flota de Camiones de Recolección de RSD).

Datos

Tabla 35: Datos necesarios para el Análisis Económico.

Nº Camión	Inversión	Costo Operación y Mantenimiento (Promedio)	Valor mercado (Fin periodo)	Años de uso	Vida Útil
R-09	\$ 50.000.000	\$ 16.648.996	\$ 15.000.000	21	7
R-29	\$ 80.450.800	\$ 4.099.757	\$ 65.000.000	5	7
Nuevo	\$ 90.000.000	\$ 3.500.000	\$ 85.000.000	1	7

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Según el *SII* los vehículos de recolección tienen una vida útil de 7 años y un valor residual del 16% de la inversión inicial. Si fuera de esta forma el 70% de la flota esta depreciada completamente.

A continuación se realizara una comparación entre la depreciación de los vehículos de flota analizar.

Tabla 36: Depreciación de los vehículos en estudio.

Periodo	R-09		R-29		NUEVO	
	Dt	Vt	Dt	Vt	Dt	Vt
0	-	\$ 50.000.000	-	\$ 80.450.800	-	\$ 90.000.000
1	\$ 6.000.000	\$ 44.000.000	\$ 9.654.096	\$ 70.796.704	\$ 10.800.000	\$ 79.200.000

2	\$ 6.000.000	\$ 38.000.000	\$ 9.654.096	\$ 61.142.608	\$ 10.800.000	\$ 68.400.000
3	\$ 6.000.000	\$ 32.000.000	\$ 9.654.096	\$ 51.488.512	\$ 10.800.000	\$ 57.600.000
4	\$ 6.000.000	\$ 26.000.000	\$ 9.654.096	\$ 41.834.416	\$ 10.800.000	\$ 46.800.000
5	\$ 6.000.000	\$ 20.000.000	\$ 9.654.096	\$ 32.180.320	\$ 10.800.000	\$ 36.000.000
6	\$ 6.000.000	\$ 14.000.000	\$ 9.654.096	\$ 22.526.224	\$ 10.800.000	\$ 25.200.000
7	\$ 6.000.000	\$ 8.000.000	\$ 9.654.096	\$ 12.872.128	\$ 10.800.000	\$ 14.400.000

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez sacada la depreciación de cada camión, y según lo que nos dice el SII, el camión R-09 estaría totalmente depreciado debido a que tiene más de 21 años en uso. A continuación se realiza la confrontación Defensor y Retador por metodología de remplazo de equipos para saber si es conveniente la renovación.

Confrontación camiones existentes en flota.

R-09

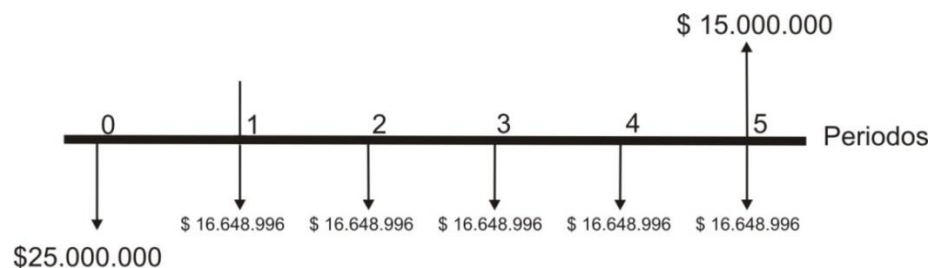


Figura 23: Diagrama de flujo de efectivo del camión R-09.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

R-29

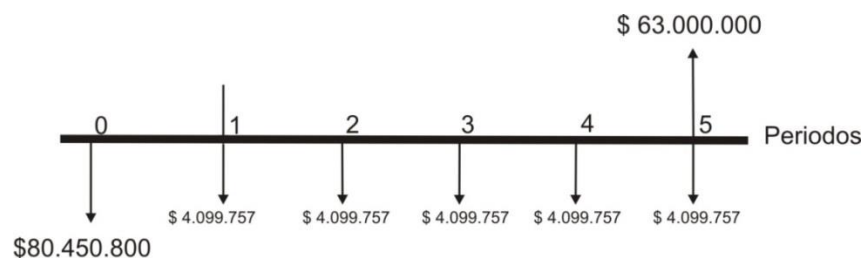


Figura 24: Diagrama de flujo de efectivo del camión R-29.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación se encontrara el CAUE (Costo Anual Uniforme Equivalente) entre defensor y retador, entre los años 2013 al 2018.

Donde TMAR = Tasa de inflación + Premio al riesgo = 3,8% + 4,0 % = 7,8%.

Con TMAR = 7,8 %, sacamos CAUE y comparamos.

Tabla 37: Comparación de CAUE entre defensor y retador según periodo.

Años	DEFENSOR	RETADOR
2013 - 2018	R-09	R-29
	CAUE	
Periodo 1	\$ 28.610.501	\$ 27.862.744
Periodo 2	\$ 23.421.755	\$ 18.807.967
Periodo 3	\$ 21.695.458	\$ 15.795.440
Periodo 4	\$ 20.834.766	\$ 14.293.463
Periodo 5	\$ 20.320.308	\$ 13.395.693

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Según el análisis de CAUE se recomiendo el remplazo del Camión R-09 por uno de las mismas características que el R-29, esto se debe a que los costos de este camión son menores en todos los periodos.

Ahora se realizara una comparación de los CAUE de los camiones ya analizados con un nuevo retador.

Confrontación camiones existentes en flota y nuevo.

R-09

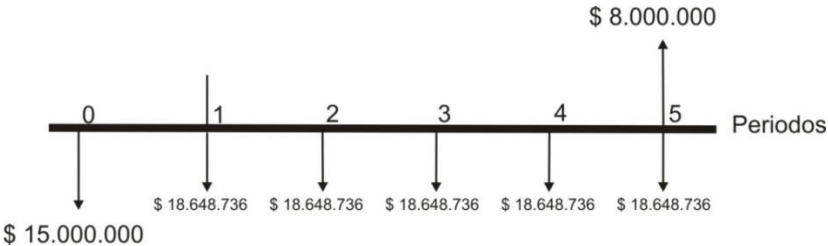


Figura 25: Diagrama de flujo de efectivo del camión R-09.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

R-29

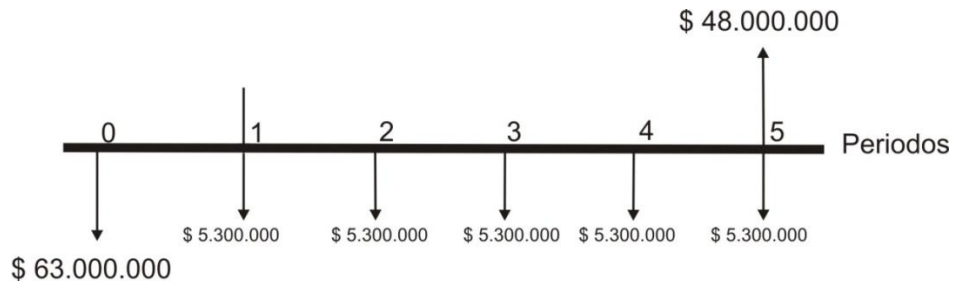


Figura 26: Diagrama de flujo de efectivo del camión R-29.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

NUEVO

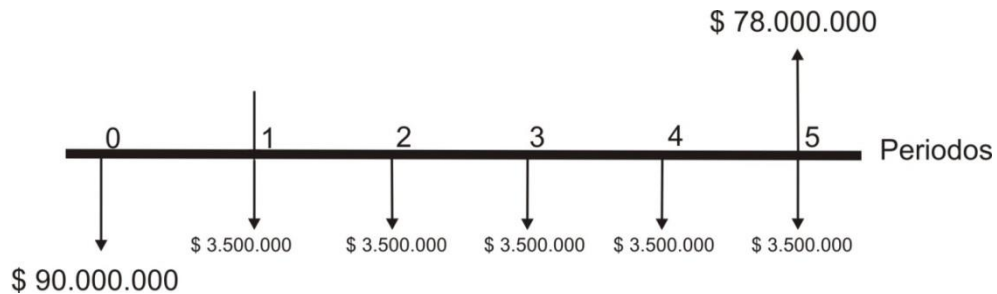


Figura 27: Diagrama de flujo de efectivo del camión nuevo.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación se encontrara el CAUE (Costo Anual Uniforme Equivalente) entre defensor y retador, entre los años 2018 al 2023.

Con TMAR = 7,8 %, sacamos CAUE y comparamos.

Tabla 38: Comparación entre CAUE del defensor y retadores según periodo.

Años	DEFENSOR	RETADOR (Existente)	RETADOR (Nuevo)
2018 - 2023	R-09	R-29	Nuevo
	CAUE		
Periodo 1	\$ 26.825.639	\$ 25.242.993	\$ 22.561.419

Periodo 2	\$ 23.193.517	\$ 17.459.874	\$ 16.334.924
Periodo 3	\$ 21.985.109	\$ 14.870.428	\$ 14.263.367
Periodo 4	\$ 21.382.624	\$ 13.579.390	\$ 13.230.536
Periodo 5	\$ 21.022.504	\$ 12.807.703	\$ 12.613.187

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se concluye que el camión R-09 debe ser remplazado por un camión con las mismas características del R-29 o por un camión nuevo. En ambos el CAUE es menor en todos los periodos.

Otra forma de compararlo.

Caso 1

Tabla 39: Comparación costo total marginal del defensor y CAUE mínimo del retador según periodo (caso 1).

Periodo	Defensor	Retador
	Costo total marginal	CAUE mínimo
1	\$ 15.437.747	\$ 13.395.693
2	\$ 29.752.366	\$ 13.395.693
3	\$ 43.025.567	\$ 13.395.693
4	\$ 55.333.115	\$ 13.395.693
5	\$ 66.745.263	\$ 13.395.693

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación un gráfico con la confrontación defensor y retador.

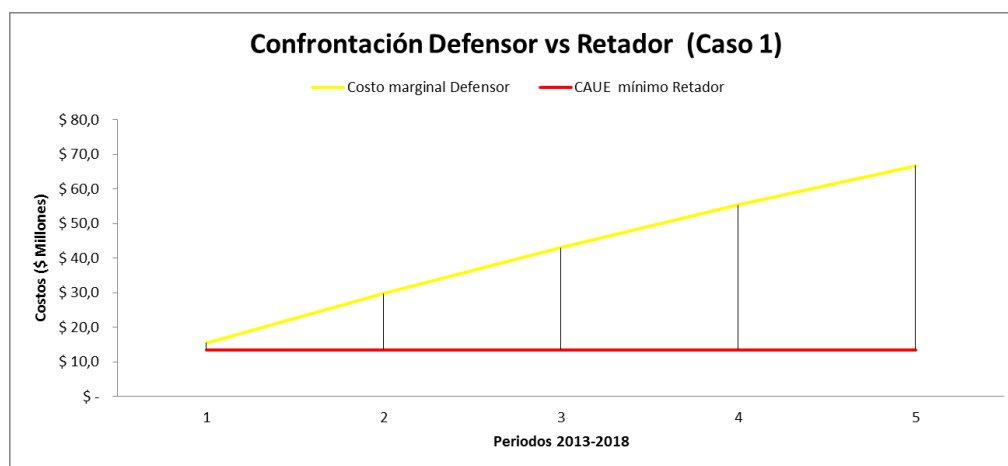


Gráfico 33: Confrontación defensor y retador (caso 1).

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El defensor se debe remplazar al inicio del periodo 1.

Caso 2

Tabla 40: Comparación costo total marginal del defensor y CAUE mínimo de los retadores según periodo (Caso 2).

Periodo	Defensor	Retador (Existente)	Retador (Nuevo)
	Costo total marginal	CAUE mínimo	
1	\$ 17.292.002	\$ 12.807.703	\$ 12.613.187
2	\$ 33.325.975	\$ 12.807.703	\$ 12.613.187
3	\$ 48.193.443	\$ 12.807.703	\$ 12.613.187
4	\$ 61.979.272	\$ 12.807.703	\$ 12.613.187
5	\$ 74.762.154	\$ 12.807.703	\$ 12.613.187

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Confrontación.

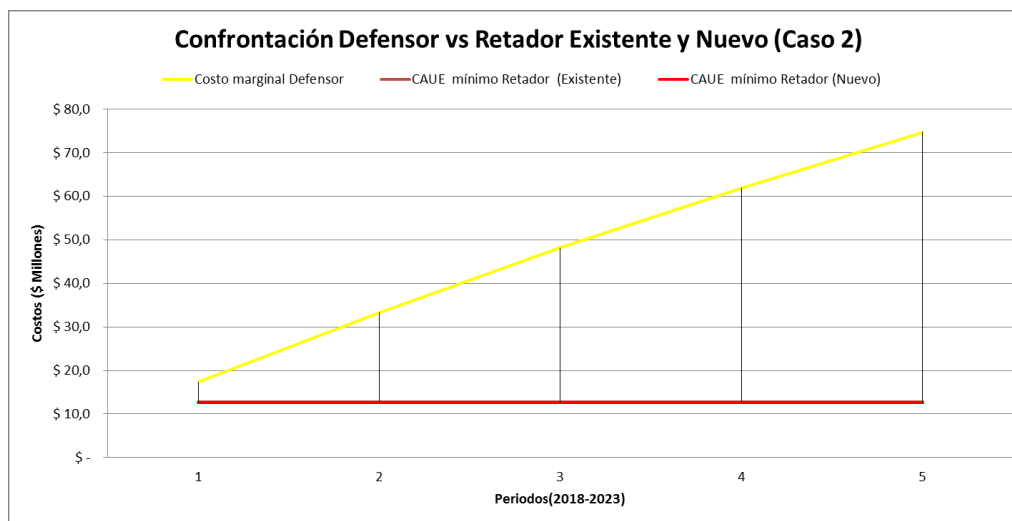


Gráfico 34: Confrontación defensor y retadores (Caso 2).

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

También se concluye que el defensor se debe ser remplazado antes de comenzar el periodo 2, por el camión con las características del R-29 o del camión nuevo.

Si no se consiguen fondos por no aprobación del CORE, contaríamos con una flota que esta envejecida (Más de 20 años de uso) que trae consigo más problemas que soluciones para la gestión del departamento, debido al aumento en los gastos de mantención y combustible, sin

contar los días que no están operativos para recolección, hace que la prestación de servicios sea ineficiente, dando como única opción de solución la externalización del servicio a empresa externa COSEMAR.S.A.

4.4.4 Propuesta: Externalización de ruta 1RAA

Actualmente la recolección de residuos en el Sector de Reñaca Alto se divide de la siguiente forma.



Figura 28: Mapa Reñaca Alto con rutas de recolección Municipio y COSEMAR S.A.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41: Kg de recolección por ruta actual.

Ruta	Kg de Recolección
1RAA	799.000
2RAA	725.077
3RAA	674.180

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación se muestra un gráfico con el porcentaje de recolección efectuado en el sector por COSEMAR S.A en comparación con el Municipio.

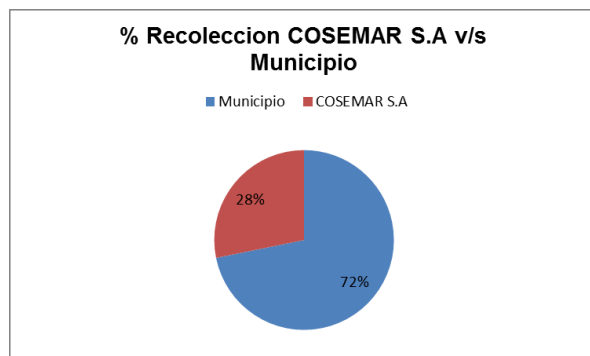


Gráfico 35: Porcentaje de recolección realizada por COSEMAR S.A y por medio del Municipio.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se refleja que el Municipio tiene más del 70% de la recolección del sector, con un porcentaje de externalización a empresa externa COSEMAR S.A de un 28%. Esto en mayor medida se debe a la morfología del terreno lo que dificulta la implementación de recolección por contenedores de carga lateral y externalizar un 100% del sector.

Una vez que se hizo el balance de las rutas, arrojó que el día Lunes es el que más tiempo se demoran, recorren más kilómetros en recolección, más residuos recolectan y por esta razón la mayoría de las veces deben hacer doble viaje al vertedero El Molle, lo que ocasiona tiempos muertos lo que no ayuda a lograr terminar el punto de recolección, además de un aumento en los costos de combustible por lo distante que está el relleno sanitario El Molle del punto de recolección. Por esta razón es que se propone externalizar ruta 1RAA (Color rojo), a la empresa COSEMAR S.A (Color negro) que también realiza recolección en una parte de Reñaca Alto ya que cuenta con recolección mixta (COSEMAR S.A y Municipio).

En el mapa que se muestra a continuación, se encuentra el sector que pertenecía a la ruta 1RAA del día lunes y jueves que se propuso para externalización.



Figura 29: Mapa Reñaca Alto con propuesta de externalización a COSEMAR S.A.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación una tabla con las calles y avenidas que se verían beneficiadas con la externalización.

Tabla 42: Calles entre eje vertical y horizontal que se beneficiarían con la propuesta.

Eje Vertical	Eje Horizontal
Calle Uno	El Estero
Calle Dos	Avenida Primera
Calle Tres	Avenida Segunda
Calle Cuatro	Avenida Tercera
Calle Cinco	Avenida Cuarta
Calle Seis	Avenida Quinta
Calle Siete	Avenida Sexta
Calle Ocho	Avenida Séptima
Calle Nueve	Avenida Octava
Calle Diez	Avenida Novena
Calle Once	Inca de Oro

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Con la propuesta de externalización, la tabla de recolección de kg de residuos por ruta quedo de la siguiente manera.

Tabla 43: Kg de recolección por ruta (Propuesta externalización).

Ruta	Kg de Recolección
2RAA	761.950
3RAA	666.890

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

La recolección por medio del Municipio disminuyo en el sector de Reñaca Alto debido a la externalización de la ruta 1RAA y además por la implementación de contenedores voluminosos en puntos de creación de micro basurales de las rutas 2RAA y 3RAA. Esto se refleja en el siguiente gráfico.

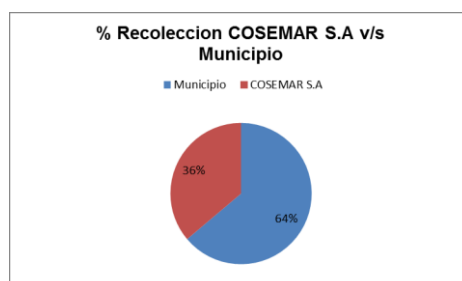


Gráfico 36: Porcentaje de recolección COSEMAR S.A comparación con Municipio después de la propuesta de externalización.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El aumento en la recolección por medio de COSEMAR S.A, se relaciona al aumento en las viviendas atendidas por causa de la externalización.

A continuación se realizara un análisis de los costos de la propuesta de externalización.

Datos

Tabla 44: Información necesaria para propuesta de externalización.

Alcance externalización	1.975 viviendas o roles
Valor hora camión recolector	\$ 22.438
Valor hora operarios(4)	\$ 4.800
Rendimiento camión recolector	1,5 km/Lt
COSEMAR S.A costo x vivienda	\$9.091
Valor 1 lt de Diesel	\$ 565 \$/Lt
Kilometro recorridos ruta 1RAA	8.467 Km

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Al realizar los cálculos se obtuvieron de color verde los costos a disminuir y de color rojo los costos que aumentaron.

Tabla 45: Costos necesarios para el análisis de externalización.

Costo combustible ruta 1RAA	\$ 3.189.237
Costo operación y mantenimiento camión recolector	\$ 16.648.996
Costo cuadrilla (4)	\$ 3.561.600
Costo externalización COSEMAR S.A	\$ 17.954.725

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Luego de esto se rebaja costos (combustible, camión recolector, cuadrilla) y se le aumenta costos (Externalización COSEMAR S.A) de los gastos anuales de aseo, quedando.

Tabla 46: Costos antes y después de externalización.

	<i>Antes</i>		<i>Después</i>	
Personal		\$ 1.451.406.791		\$1.451.406.791
Combustible flota aseo		\$ 256.777.444		\$ 253.588.207
Seguro flota aseo		\$ 31.445.694		\$31.445.694
Servicio de terceros		\$8.028.973.117		\$ 8.026.717.246
Vertedero	\$ 952.618.466		\$ 952.618.466	
Extracción de aseo	\$ 6.373.179.971		\$ 6.370.924.100	
Mantención de Vehículos	\$ 574.846.181		\$574.846.181	

Otros	\$19.347.208		\$19.347.208	
Varios	\$ 108.981.291		\$108.981.291	
Total		\$9.768.603.046		\$ 9.763.157.938

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Con la propuesta de externalización de la ruta 1RAA, con un alcance de 1.975 viviendas o roles, se tuvo disminución en los costos que correspondían a combustible flota, camión de recolección y cuadrilla, pero un aumento costo base realizado a la empresa COSEMAR S.A. que se debe principalmente a que se extendió el contrato a más viviendas.

En conclusión, al realizar el balance de rutas se definió que la ruta 1RAA era la que se tenía que modificar, debido a que era la que más costo significaba por concepto de combustible, tardaba más en la recolección por motivo de doble viaje al vertedero El Molle y por ende más horas muertas sin recolección (1 hora y 30 minutos), lo que provocaba un inadecuado entrega del servicio de recolección y un descontento en la población. Una de las principales razones del mal servicio es la antigüedad de la flota de camiones que solo están operativos para la recolección un 60% de los días laborales al año, se suma a esto que cuentan con un rendimiento promedio de 1,5 km/Lt lo que produce aumento en los costos de combustible.

Como reflejo de lo que ocurre en la Unión Europea y EEUU, lo que se recomienda es la externalización. Que en el caso puntual de la externalización de la ruta 1RAA del sector de Reñaca Alto nos produce un ahorro en los Gastos anuales de aseo de \$ 5.445.108.

A continuación un análisis económico para saber si es preferible externalizar o adquirir un camión nuevo una vez que se cuente con los fondos necesarios.

Datos (TMAR = 7,8%)

Caso 1: *Uso de Camión Nuevo en vez de Externalización*

Tabla 47: Datos necesarios para realizar análisis económico entre uso del camión nuevo en vez de externalización.

Inversión	\$ 90.000.000
Ahorro por no externalizar	\$ 17.954.725
Costo Op y Man Camión Nuevo	\$ 6.500.000
Valor Mercado Camión al final del Periodo	\$ 85.000.000

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez que contamos con la información necesaria, se realiza el diagrama de flujo de efectivo.

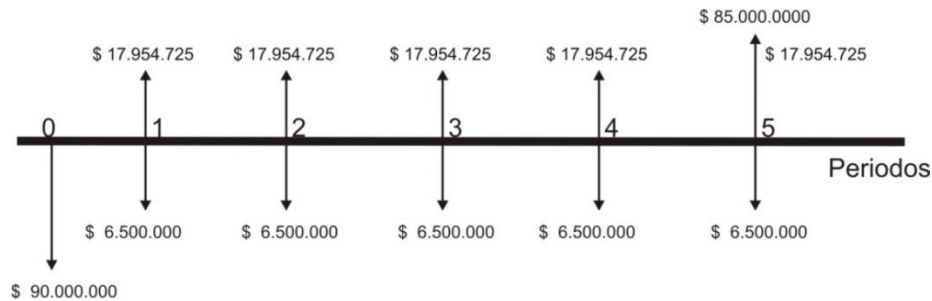


Figura 32: Diagrama de flujo de efectivo del camión nuevo en vez de externalización.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Caso 2: *Uso de Camión Viejo en vez de Externalización*

Tabla 48: Datos necesarios para realizar análisis económico entre uso del camión viejo en vez de externalización.

Valor mercado camión viejo	\$ 40.000.000
Ahorro por no externalizar	\$ 17.954.725
Costo Op y Man Camión Viejo	\$ 23.399.833
Valor Mercado Camión al final del Periodo	\$ 30.000.000

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez que contamos con la información necesaria, se realiza el diagrama de flujo de efectivo.

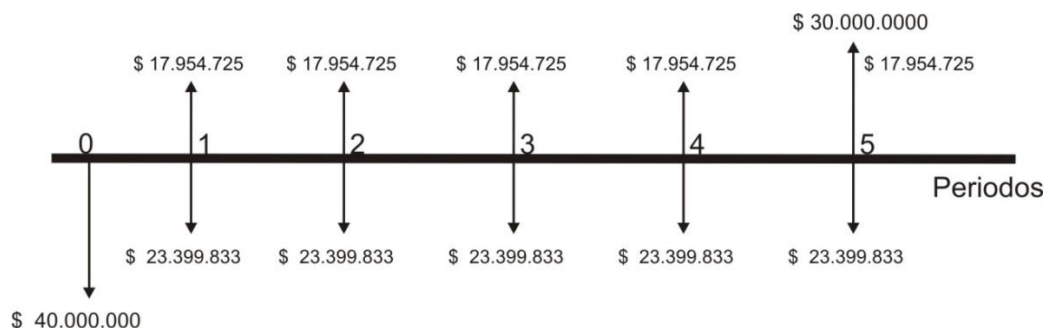


Figura 33: Diagrama de flujo de efectivo del camión viejo en vez de externalización.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Caso 3: Externalización COSEMAR S.A y no uso del Camión R-09

Tabla 49: Datos necesarios para realizar análisis económico entre externalización en vez de uso del camión viejo.

Costo externalizar servicio COSEMAR S.A	\$ 17.954.725
Ahorro en no uso del Camión Antiguo	\$ 23.399.833

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez que contamos con la información necesaria, se realiza el diagrama de flujo de efectivo.

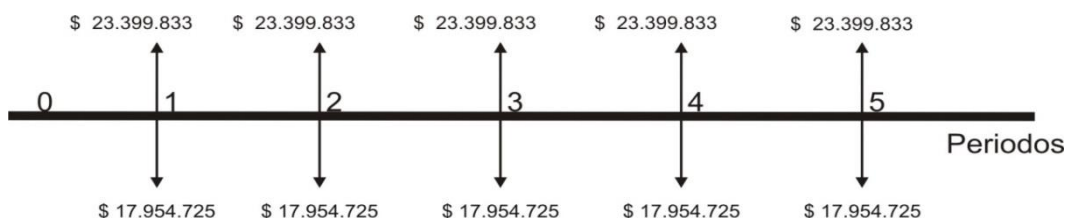


Figura 34: Diagrama de flujo de efectivo entre externalización en vez del uso del camión viejo.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Caso 4: Externalización COSEMAR S.A y no uso del Camión Nuevo

Tabla 50: Datos necesarios para realizar análisis económico entre externalización en vez de uso del camión nuevo.

Costo externalizar servicio COSEMAR S.A	\$ 17.954.725
Ahorro en no uso del Camión Antiguo	\$ 6.500.000

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez que contamos con la información necesaria, se realiza el diagrama de flujo de efectivo.

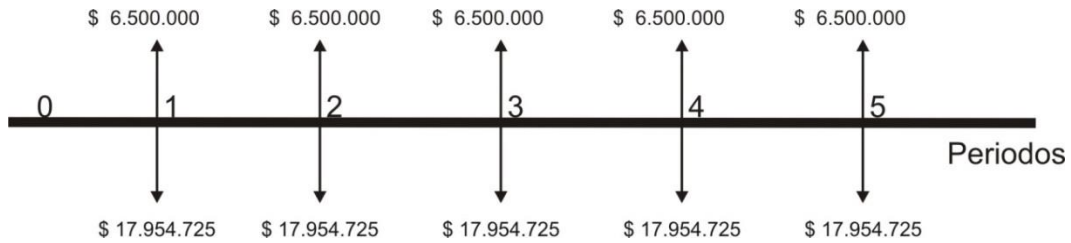


Figura 35: Diagrama de flujo de efectivo entre externalización en vez del uso del camión nuevo.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación se calcularán los CAUE de cada una de las propuestas, según periodo.

Tabla 51: CAUE según propuesta y periodo.

Periodos	CAUE en \$ Millones			
	Nuevo/Externalización	Viejo/Externalización	Externalización/Viejo	Externalización/Nuevo
1	-\$ 0,6	-\$ 18,6	\$ 5,4	-\$ 11,5
2	-\$ 7,3	-\$ 22,7	-\$ 6,7	-\$ 5,7
3	-\$ 9,6	-\$ 24,1	-\$ 10,7	-\$ 6,8
4	-\$ 10,7	-\$ 24,8	-\$ 12,7	-\$ 7,4
5	-\$ 11,3	-\$ 25,2	-\$ 14,0	-\$ 7,7

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez obtenidos los CAUE se graficarán para tener un mejor entendimiento.

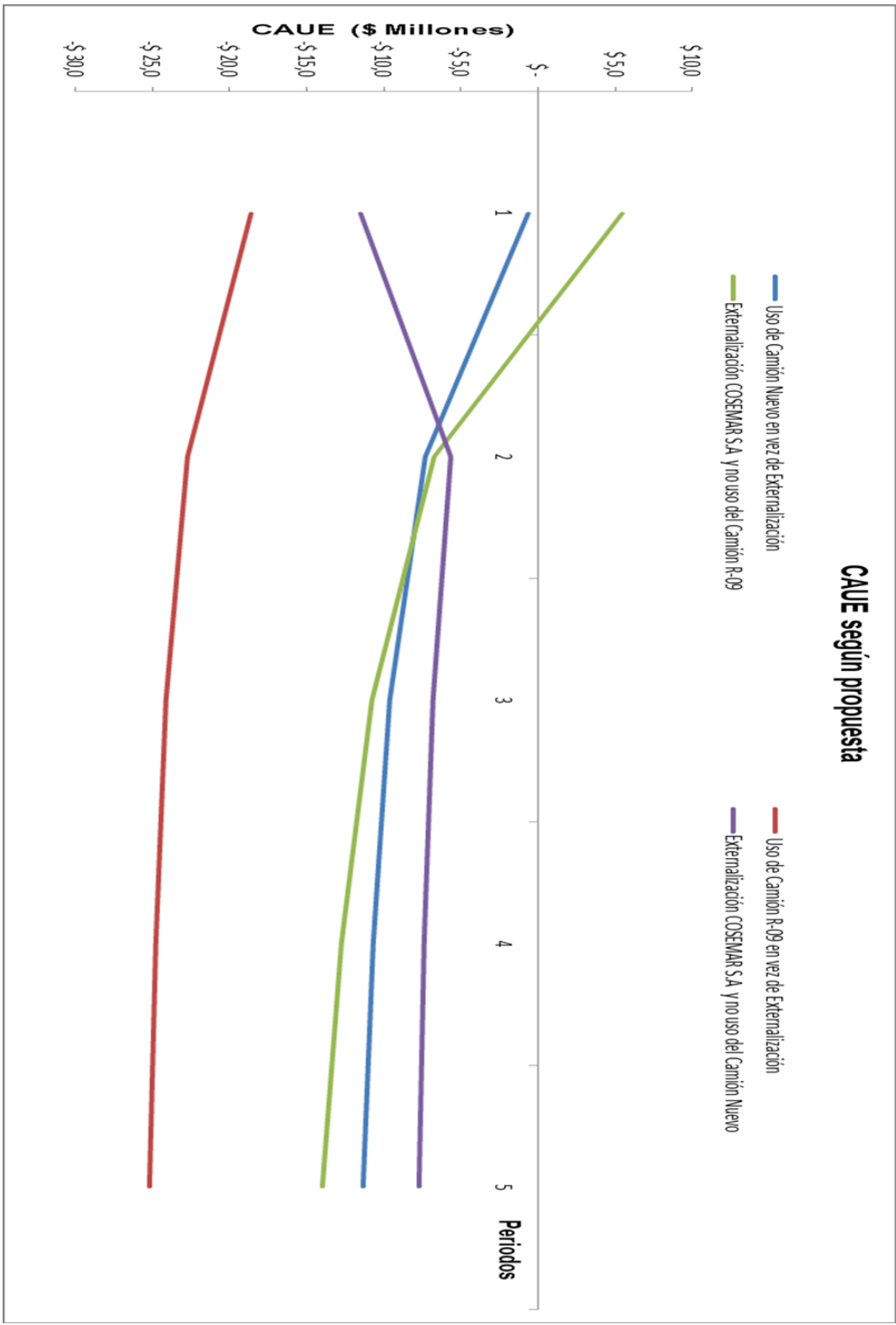


Gráfico 37: CAUE según propuesta y periodo.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Según la gráfica, en un principio es recomendable la externalización inmediata del servicio a la empresa externa COSEMAR S.A por un periodo de 1 año, luego de este tiempo se manda a una nueva licitación o se actualiza el contrato con empresa según periodo.

Analizando los VPN (Valor presente neto) de cada propuesta.

Tabla 52: Valor presente neto según propuesta.

	Nuevo/Externalización	Viejo/Externalización	Externalización/Viejo	Externalización/Nuevo
VPN	\$ 14.185.337	-\$ 41.265.585	\$ 21.829.254	-\$ 45.921.606

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez obtenidos los VPN de cada propuesta se graficara para entender mejor.



Gráfico 38: Valor presente neto según propuesta.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se debe aceptar la propuesta de externalizar inmediatamente el servicio de recolección a la empresa COSEMAR S.A en vez de seguir con el camión viejo, ya que esta tendría un valor presente de \$ 21.829.254 mayor a la de la propuesta de usar un camión nuevo en vez de la externalización que es de \$ 14.185.337.

4.4.5 Propuesta: Estación de transferencia

La ET se caracteriza por ser una instalación para el trasvasije de los RSD. En donde, los residuos que son recolectados por los camiones de aseo son directamente trasvasijados, a través de un sistema de embudo hermético, a un contenedor de mayor capacidad, para su posterior traslado hasta el lugar de disposición final que en este caso es el Relleno Sanitario “El Molle” ubicado en Valparaíso.

Problemas en la actualidad en la recolección.

- Los camiones de recolección pasan por los hogares recolectando los residuos, los que son llevados por el mismo vehículo hasta el Relleno Sanitario de El Molle.
- El camión muchas veces completa su capacidad máxima antes de terminar su sector de recolección, por lo que se tiene que dirigir al Relleno Sanitario, esto implica demoras en el sistema, puesto que cada camión debe recorrer más de 60 kilómetros para ir a Valparaíso y retomar su labor de recolección en el punto que quedo.
- Este constante viaje de camiones implica un alto impacto ambiental, los camiones pesados y de transporte generan 3,64 Ton CO₂/Hab, gases que causan el efecto invernadero y son unos principales que influyen en el calentamiento global.

Beneficios.

- Contar con una instalación eficiente, segura y limpia para disminuir las distancias y los tiempos de la disposición de los RSD
- La maestranza se encuentra en El Salto, por lo que estaría más próximo del lugar en donde se reparan los camiones recolectores.
- Implementar tercer día de recolección en los hogares de la comuna, en compromiso con la empresa externa COSEMAR (Una vez entre en funcionamiento la ETRS, la empresa se compromete aumentar la frecuencia de recolección a tres veces por semana)
- Disminuir costo de transporte por viaje diario al vertedero desde el sector de recolección en un 23,7 %
- Disminuir tiempos muertos en un 23% (1 hr 20 min promedio)

Cómo funciona la planta de transferencia.

Una vez que los camiones recolectores completan su carga máxima, llegan a la Planta, donde descargan los RSD en un sistema completamente hermético, los que serán compactados y dispuestos en un contenedor de mayor tamaño, con la capacidad equivalente a 3 cargas (lo que anteriormente significarían 3 viajes al vertedero El Molle).

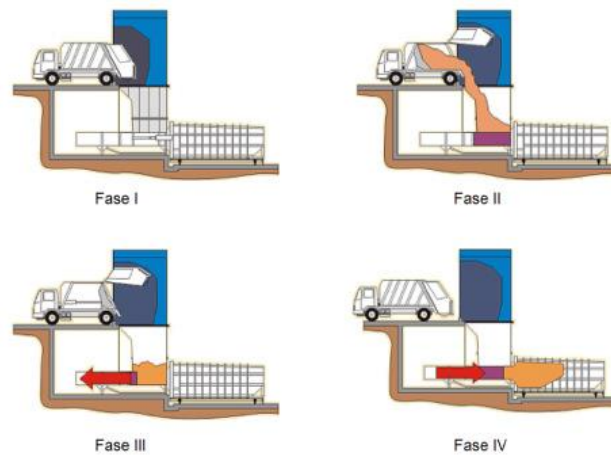


Figura 36: Fases de descarga camión recolector en contenedores de mayor tamaño.

Fuente: Elaboración propia.

En contenedores será trasladado de inmediato hacia el Relleno Sanitario en Valparaíso, donde se realizara la disposición final.

De tal manera, los camiones recolectores ya no deberán ir hasta Valparaíso, sino que llegaran solo hasta la ET, lo que permitirá que retomen su labor de recolección de inmediato sin tiempos muertos y agilizando el servicio que se entrega a la comunidad siendo más eficiente.

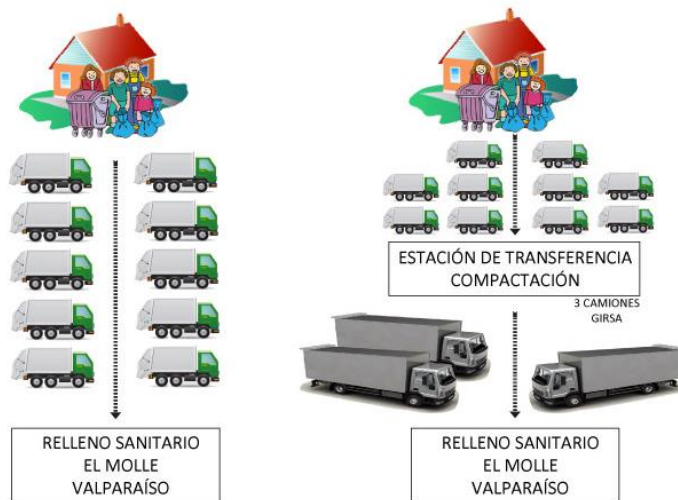


Figura 37: Camiones de recolección y Camión de mayor capacidad.

Fuente: Elaboración propia.

Para lograr la capacidad máxima del contenedor que se encuentra en la ET es necesario que 3 camiones de recolección depositen sus residuos. Con esto nos ahorramos el tiempo y costo en combustible de ir al vertedero el molle de 3 camiones de recolección.

Donde estará ubicado.

La planta para su adecuado funcionamiento debe estar ubicada en un punto próximo a la zona urbana y con accesibilidad hacia las rutas que conduzcan hasta el lugar de disposición final.

La localización será en una zona de propiedad municipal del sector norte de la comuna, sector El Salto, que tiene salida a Vía las Palmas que conduce al Relleno Sanitario “El Molle” , el cual se encuentra a 20 minutos promedio de los principales sectores de recolección RSD en Viña del Mar.

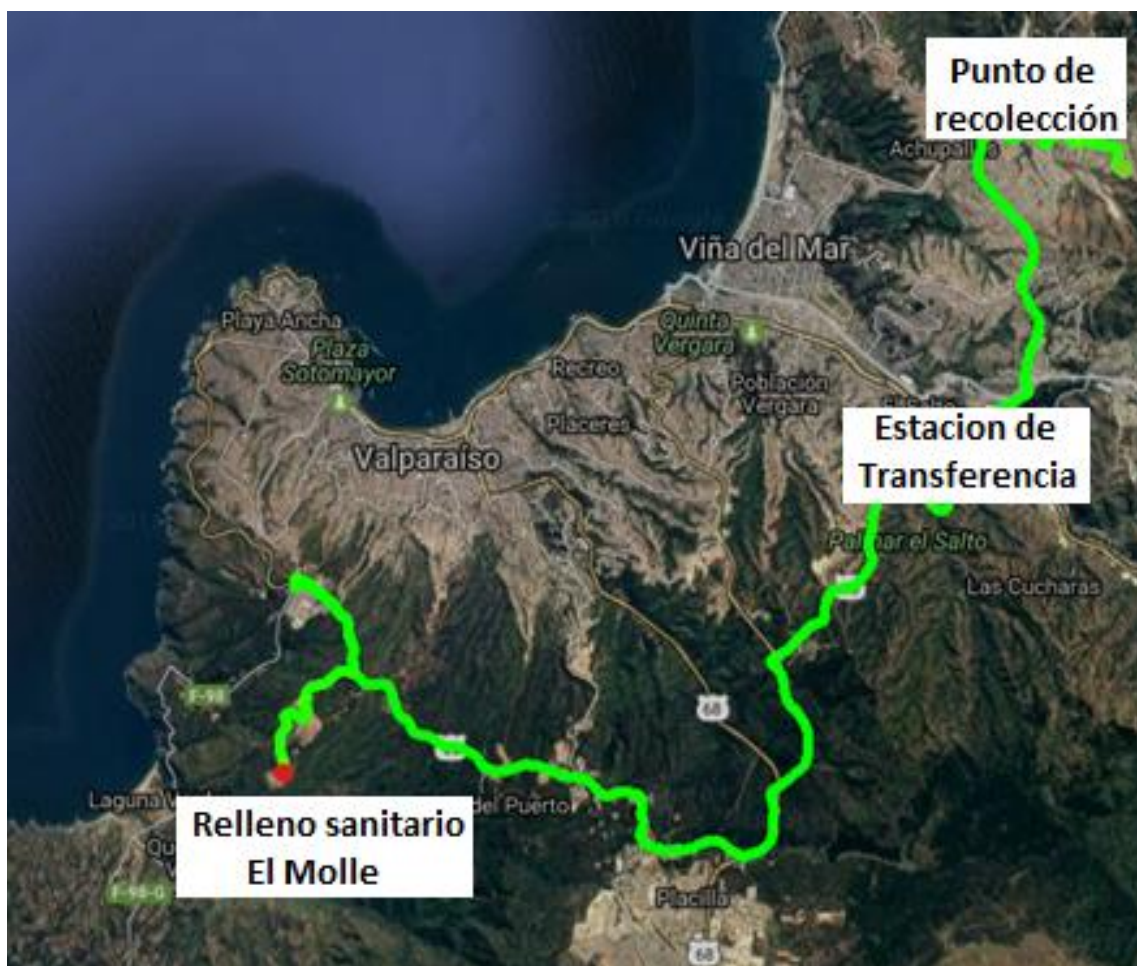


Figura 38: Propuesta Estación de Transferencia: El Salto.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra a simple vista, que la distancia del punto de recolección a la estación de transferencia es tres veces menor a la que se recorre actualmente al relleno sanitario El Molle.

Implementación del sistema.

El tema será analizado en sesiones del Consejo y reuniones de comisión (ambas instancias públicas y abiertas a la comunidad), donde concejales revisarían todas las alternativas posibles, así como la ubicación de la Planta.

GIRSA, es la empresa concesionaria por 20 años del Relleno Sanitario “El Molle”, que será la empresa que esté a cargo de la ejecución de todo el proceso de implementación de la Planta de Transferencia, lo que incluye informes para el Sistema de Evaluación Ambiental, procesos de participación ciudadana, etc. A continuación una tabla con la información necesaria para el análisis de la propuesta.

Tabla 53: Información de ET.

Concesión	20 años
Costo mensual por arriendo	\$10.000.000
Valor por tonelada	\$5.180
Costo mensual por disposición final, viña del mar.(2002)	\$ 30.000.000

Fuente: Elaboración propia.

Ahora es necesario saber las indicaciones técnicas de la ET, para saber si cumple con nuestras necesidades.

Tabla 54: Ficha técnica de la ET.

Ubicación	Sector El Salto
Capacidad	20.000 Ton/Mes – 240.000 Ton/Año
Vida Útil	20 años
Inversión	\$ 3.614.000.000
Superficie	14.000 M ²

Fuente: Elaboración propia.

La ET se encontraría en el sector industrial de El Salto y estaría distribuida de la siguiente manera.

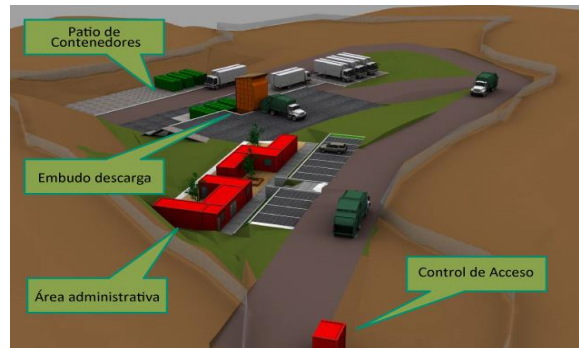


Figura 39: Diseño de la Estación de Transferencia.

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente

Las especificaciones técnicas de la propuesta de estación de transferencia cumplen con la necesidad del municipio, ya que cuenta con una capacidad de 20.000 ton/mes y la Municipalidad de Viña del Mar cuenta con una recolección promedio al mes de 12.000 ton/mes. También disminuiría los costos por concepto de disposición final, hoy en día se paga por concepto de vertedero de \$ 6.781 y con la propuesta de estación de transferencia se cancelaría \$5.180 por tonelada depositada, un ahorro del 24% por tonelada.

Tabla 55: Comparación tiempos y costos actualmente y con propuesta estación de transferencia (Sector Reñaca Alto).

Tiempo promedio ir y volver vertedero EL MOLLE	1 hr 44 min (promedio)
Combustible promedio consumido en ir al EL MOLLE	38 litros
Precio mercado de 1 lt de Diesel	\$ 565
Costo transporte ir y volver EL MOLLE	\$ 20.786
Tiempo muerto de recolección	1 hr 44 min(promedio)
Tiempo promedio ir y volver Estación de transferencia EL SALTO	24 min
Combustible promedio consumido ir EL SALTO	9 litros
Costo transporte ir y volver EL SALTO	\$ 4.923
Tiempo muerto de recolección	24 min

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

La situación ideal es evitar que un conductor tenga que ir al vertedero El Molle debido al aumento en costo de operación y a los tiempos muertos que incurren al no seguir con la recolección.

Solo en el año 2016 de los 38 conductores, se realizaron 662 doble viaje, lo que incurre en un costo de operación solo contando el combustible de \$13.760.332 al año, sumándole las 1.147 horas muertas sin realizar recolección domiciliaria.

Análisis de costos propuesta Estación de Transferencia.

Datos

Tabla 56: Datos necesario propuesta de ET.

Toneladas recolectadas al año	150.980 Ton/Año
Kilómetros recorridos vertedero El Molle	57 Km
Kilómetros recorridos Estación de Trasferencia	13,5 Km
Rendimiento del Camión	1,5 Km/Lt
Valor de 1 lt de Diesel	\$ 565

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Con estos datos se puede obtener información respecto a los costos actuales y una vez que se implemente la estación de transferencia.

Tabla 57: Comparación proceso actuales y con implementación ET.

	Actual	Estación de Trasferencia
Costo ton/depositada	\$ 6.310	\$ 5.180
Kilómetros recorridos al año	703.937	344.342
Litros de combustible	469.291	229.561

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Con estos datos se puede obtener la siguiente información en relación a los costos.

Tabla 58: Costos necesarios para el análisis.

	Actual	Estación de Trasferencia
Costo en depósito	\$ 952.618.466	\$ 782.076.400
Costo en combustible	\$ 256.777.444	\$ 125.606.787

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

La disminución en los costos con la propuesta de ET se debe a que el costo disminuyo en un 24% por tonelada depositada como también las distancias recorridas para su depósito.

Los gastos anuales de aseo con y sin estación de transferencia quedaron de la siguiente forma:

Tabla 59: Análisis económico antes y después de implementación ET.

	ANTES		DESPUES	
Personal		\$ 1.451.406.791		\$1.451.406.791
Combustible flota aseo		\$ 256.777.444		\$ 125.606.787
Seguro flota aseo		\$ 31.445.694		\$31.445.694
Servicio de terceros		\$8.028.973.117		\$ 7.858.431.051
Vertedero	\$ 952.618.466		\$ 782.076.400	
Extracción de aseo	\$ 6.373.179.971		\$ 6.373.179.971	
Mantenimiento de Vehículos	\$ 574.846.181		\$574.846.181	
Otros	\$19.347.208		\$19.347.208	
Varios	\$ 108.981.291		\$108.981.291	
Total		\$9.768.603.046		\$ 9.341.283.536

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Es sumamente importante contar con una ET debido a que bajar los costos de transporte de los residuos como también los tiempos muertos en recolección. Con la propuesta de Estación de Transferencia se produce un ahorro anual de \$ 427.319.510.

A continuación un análisis económico para saber si es preferible contar con una ET en vez de no tenerla.

Tabla 60: Costos necesarios análisis económico ET.

	Actual (Sin ET)	ET
Inversión		\$ 3.614.000.000
Costo deposito RSD	\$ 952.618.466	\$ 782.976.400
Costo combustible	\$ 256.777.444	\$ 125.606.787
Costo total	\$ 1.209.395.910	\$ 907.683.187

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez que contamos con la información necesaria, se realiza el diagrama de flujo de efectivo. Periodo de estudio de 10 años.

1) Recolección de RSD con ET.

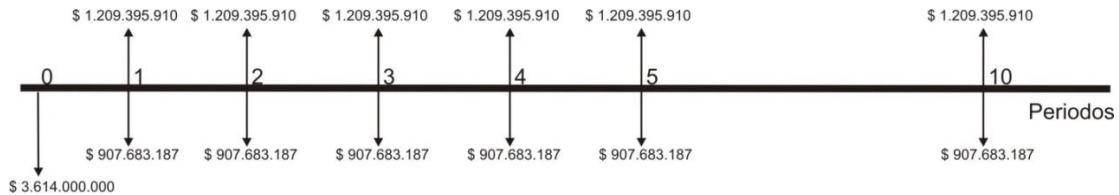


Figura 40: Diagrama de flujo de efectivo recolección de RSD con ET.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

2) Recolección de RSD sin ET.

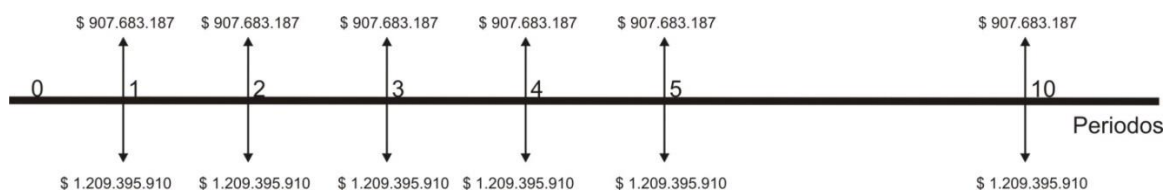


Figura 41: Diagrama de flujo de efectivo recolección de RSD sin ET.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

A continuación una tabla con el valor presente por periodo según propuesta.

Tabla 61: Valor presente por periodo y situación.

Periodo	Estación de Transferencia	Sin Estación de Transferencia
0	-\$ 3.614.000.000	\$ 0
1	-\$ 3.334.118.068	-\$ 279.881.932
2	-\$ 3.074.487.333	-\$ 539.512.667
3	-\$ 2.833.642.495	-\$ 780.357.505
4	-\$ 2.610.224.278	-\$ 1.003.775.722
5	-\$ 2.402.971.758	-\$ 1.211.028.242
6	-\$ 2.210.715.246	-\$ 1.403.284.754
7	-\$ 2.032.369.687	-\$ 1.581.630.313
8	-\$ 1.866.928.538	-\$ 1.747.071.462
9	-\$ 1.713.458.085	-\$ 1.900.541.915
10	-\$ 1.571.092.172	-\$ 2.042.907.828

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez obtenidos los valores presentes se graficaran para obtener una visión rápida del estudio.

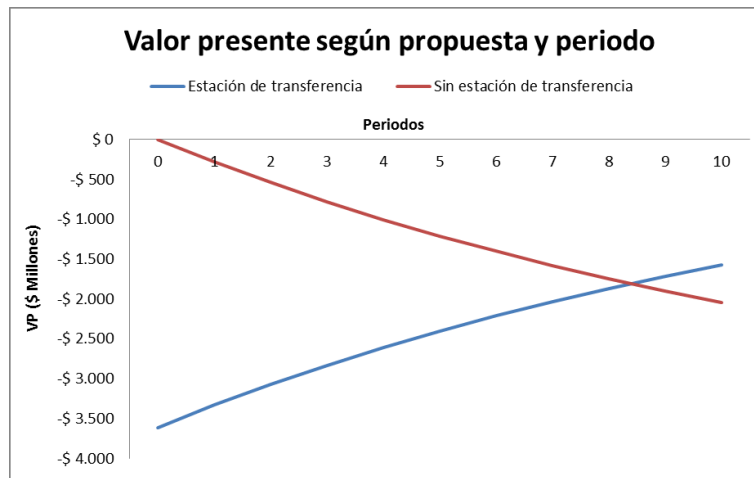


Figura 42: Valor presente según propuesta y periodo.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Es importante enfatizar, que el criterio básico para el empleo de estaciones de transferencia es que la economía que se logre por la disminución de distancias y tiempos en recorrido de la flota de recolección debe ser mayor que los costos de inversión y operación del sistema de transferencia. Lo que se lograría después del periodo 8 de estudio como se refleja en el grafico anterior. Luego de terminar el periodo 8, el valor presente de la ET es mayor e ira en aumento, en comparación a la propuesta de recolección de RSD sin ET.

A continuación el diagrama de flujo del proceso de recolección con ET, en donde se refleja a simple vista que uno de los beneficios de implementar esta propuesta es el ahorro en tiempo, al disminuir la distancia recorrida para la disposición de los residuos, aumenta el tiempo disponible para la recolección domiciliaria, lo que aumentaría la frecuencia de recolección de 2 veces por semana a 3.

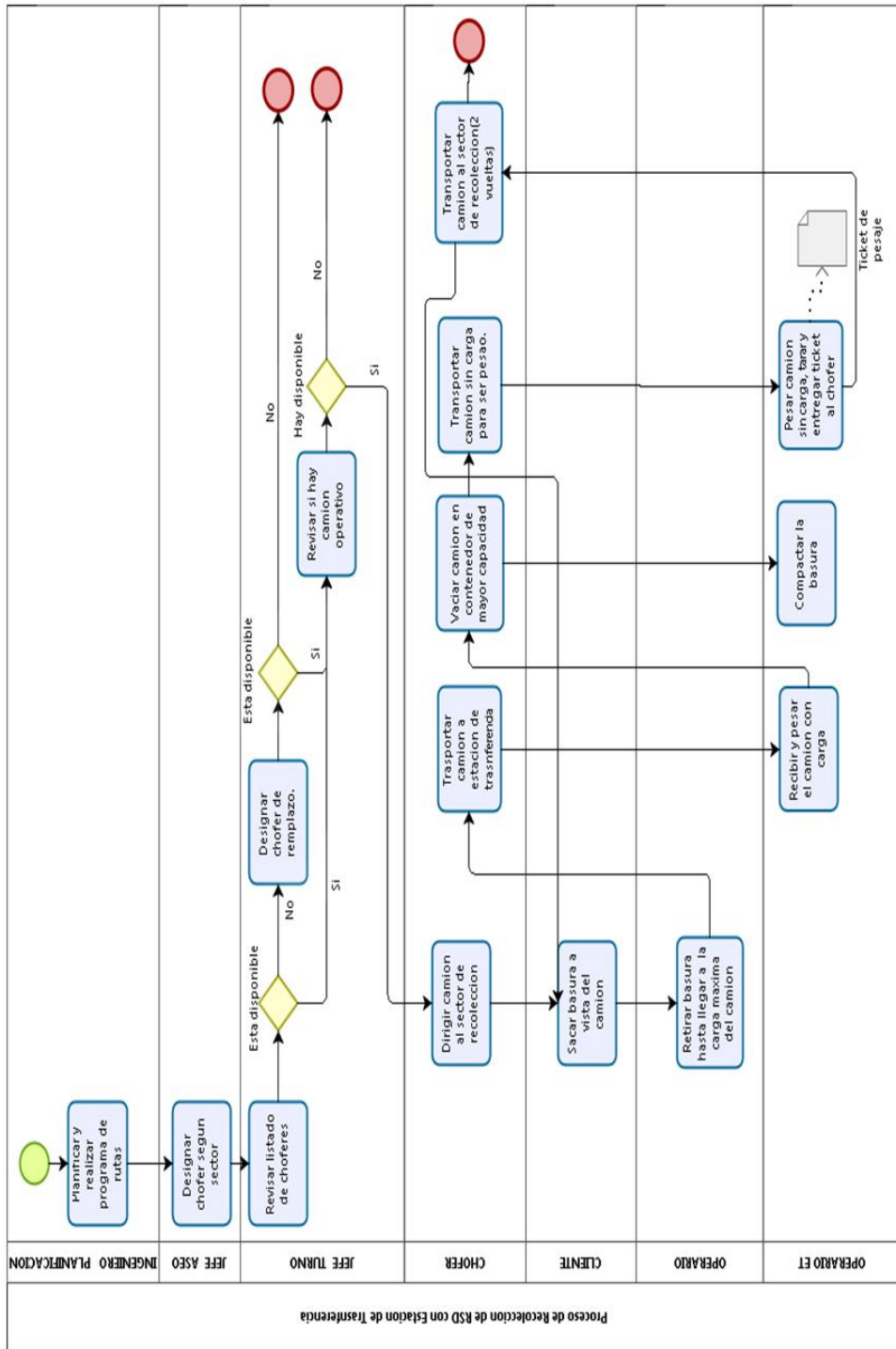


Figura 43: Diagrama de flujo del proceso de recolección con Estación de Transferencia.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Control

4.5.1 Implementación sistema GPS en flota de camiones de recolección RSD.

Implementar un sistema de monitoreo GPS, permitirá hacer más eficiente la gestión y control del servicio de recolección domiciliaria en la comunidad. Este sistema permitirá que un equipo de funcionarios municipales capacitados puedan realizar un seguimiento de todos los operativos y desplazamientos de los camiones recolectores, tanto de zonas urbanas como rurales, que también nos permitirá el acceso a valiosa información que posibilitara fiscalizar e ir mejorando día a día el servicio, con una mejora en la planificación y control de la gestión de la recolección de RSD.

Esta iniciativa es parte de un plan de mejoras que está siendo implementado en el servicio de recolección de RSD, entendiéndose que este es un tema prioritario para la comunidad, que no se le ha dado tal importancia en la actualidad, entre otras características, permitirá realizar un seguimiento a la ruta, kilómetros recorridos, litros de combustible utilizados, tiempo de detención de todos los camiones, entre otros. Lo que constituye una extraordinaria herramienta de control, con el cual el Municipio podrá proponer mejoras al servicio.

Hoy en día, al no tener un sistema GPS implementado, la información necesaria para analizar y realizar una futura propuesta de mejora se obtiene de una **hoja de ruta** que es llenada diariamente por cada conductor, la cual no nos brinda la información necesaria, además que se debe confiar en la información que nos entregada.

Como ejemplo, en el año 2016 en la hoja de ruta del proceso de recolección domiciliaria se encontró información de kilogramos recolectados, kilómetros recorridos, tiempos en recorrido, etc. Pero no se encuentra información de litros de combustible utilizados, veces que se debe cambiar neumáticos o que están en mantenimiento. En el 2016 según hoja de ruta en recolección domiciliaria se recorrieron 616.095 kilómetros con un gasto en combustible de \$ 207.007.904 (\$ 256.777.444 fue el gasto anual en combustible para ese año) por lo que hay \$ 49.769.540 millones en gastos de combustible que no se tiene información al respecto debido a que la hoja de ruta de los otros operativos (microbasurales, desmalezado, verde y voluminosos) no nos brinda la información necesaria, por lo que se debe mejorar y actualizar.

Para la implementación de la herramienta GPS se cotizo con la empresa FIRST SECURITY que tiene presencia en la comuna, el costo por dispositivo incorporado a cada camión es de 1 UF + IVA (\$ 32.245).

Tabla 62: Costos en implementación de GPS en la flota.

Costo por camión	\$ 32.245
Nº camiones en flota	38
Costo propuesta por mes en flota	\$ 1.225.326

Costo propuesta al año en flota	\$ 14.703.916
--	----------------------

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

La propuesta tiene un costo anual de \$ 14.703.916 para toda la flota.

El precio social según ahorro y tipo de combustible es de \$390 por litro (Ministerio de Desarrollo Social), en el sector de estudio existen 3.246 kilómetros que no corresponden a la recolección, costos en combustible que mediante la implementación de GPS se podrá realizar un seguimiento y a la vez disminuir.

Tabla 63: Datos necesarios para realizar análisis económico propuesta de implementación de GPS camión R-29.

Costo implantación GPS camión R-29	\$ 386.940
Beneficio social de ahorro combustible sin información	\$ 989.016

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez que contamos con información necesaria se realiza el diagrama de flujo de efectivo.

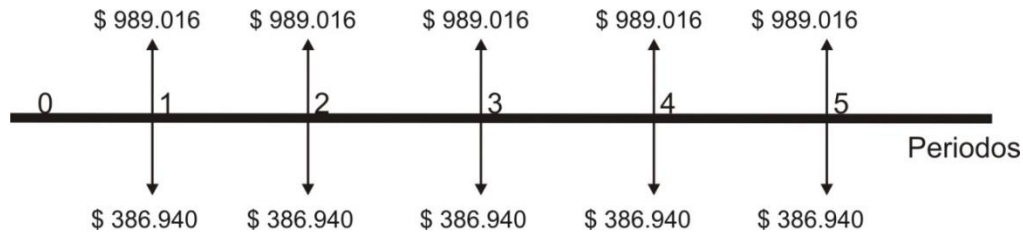


Figura 44: Diagrama flujo de efectivo implementación GPS.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El valor presente neto es de \$2.416.640 e ira en aumento. Esto se debe a que se tomó como ahorro el costo de combustible que no se tiene información los cuales siempre irán disminuyendo por la implementación del GPS, ahora se tendrá la localización en tiempo real de los camiones de recolección por lo que los conductores no podrán salirse de la ruta, en la actualidad un 20% de los conductores tienen kilómetros recorridos superiores a los kilómetros que deberían tener en recolección. Otra de los beneficios que se tendrá, disminuir tiempos de entrega del servicio de recolección, además de conocer la cantidad de

litros de combustible utilizados lo que servirá para poder crear un indicador de control de rendimiento.

Otra forma de evaluación de la propuesta de GPS es con la razón Beneficio/ Costo, que se aplica a evaluación de proyectos sociales. La razón B/C se define como la razón del valor equivalente de los beneficios al valor equivalente de los costos. Las medidas de valor equivalente que se emplean comúnmente es el VP o VA. La fórmula es la que se describe a continuación.

$$\text{Razón Beneficio - Costo} = \frac{VP(\text{Beneficios del proyecto propuesto})}{VP(\text{Costos totales del proyecto propuesto})} = \frac{VP(B)}{1+VP(O \text{ y } M)}$$

En donde:

Tabla 64: Información necesaria estudio razón B/C.

VP (B)	Valor presente Beneficios del proyecto	\$ 679.375
O & M	Valor presente Costos de operación y mantenimiento del proyecto propuesto	\$ 265.797

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Como resultado se obtiene una razón de B/C de $2,6 \geq 1$ por lo que se acepta la propuesta.

4.5.2 Implementación nueva Hoja de Ruta para operativos

The form is titled "HOJA DE OPERATIVOS DEPARTAMENTO DEL SERVICIO DEL AMBIENTE". It features a header with the logo of the "MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS" and the text "HOJA DE OPERATIVOS DEPARTAMENTO DEL SERVICIO DEL AMBIENTE". Below the header is a grid with the following columns: FECHA, SECTOR, TERRENO, OPERATIVO, UA, FICHA, INGRESO, Nº CAMION/TIP, CONDUCTOR, HR LLEGADA, HR COMIENZO OPERATIVO, HORA TERMINO OPERATIVO, HR LLEGADA A BASE, ET AL INICIO, ET AL TERMINO, KM RECORRIDO, Mº RECOLETA. At the bottom of the grid, there are two signature boxes labeled "FIRMA CONDUCTOR" and "FIRMA HOJA DE RUTA".

Figura 45: Nueva hoja de operativos.

Fuente: Elaboración propia.

La actual hoja de ruta solo entrega información de la fecha, sector, m³ recolectados, operarios, pero ninguna información sobre la superficie del terreno, kilómetros recorridos, litros de combustible consumidos y tiempos empleados en los operativos, datos que nos ayudaran a controlar de mejor forma los procesos. En la actualidad los costos totales en los operativos de micro basurales, desmalezado, voluminosos y verde fueron de \$ 376.698.376, pero no se sabe cuánto de esos costos fueron por concepto de consumo de combustible.

Se le tiene que dar mayor importancia al consumo de combustible de cada vehículo de recolección, cada vez que realice un repostaje el conductor en la hoja de ruta tiene que anotar los litros de combustible repostados hasta el llenado del tanque y los kilómetros indicados en el tacografo o cuadro de instrumentos del vehículo.

Además del llenado de la nueva hoja de ruta por el conductor y como el repostaje se realiza en el departamento, se recomienda que debe ser el operario del surtidor, el encargado de rellenar un "parte de repostaje" cada vez que se haga uso del mismo y entregar al final de la jornada al supervisor de la flota para su ingreso y posterior análisis. El parte de reposición sería el que se muestra a continuación.

Tabla 65: Parte de reposición de combustible

Parte de repostaje	
Camión	R-29
Conductor	Nº32
Tacografo	116.500 Km
Litros	150 litros
Fecha	23/12/2016

Hora	7:53 Am
-------------	---------

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El responsable de la gestión de control, incorpora la información en una hoja de cálculo fácil de trabajar, una vez hecho esto, se realizara una tabla como la que se muestra a continuación.

Tabla 66: Repostaje por mes según camión.

Camión R-29 - Enero 2016			
Nº repostaje	Km tacografo	Litros repostados	Km recorridos
1	118.521 km	98,6 litros	150 km
2	118.671 km	100 litros	97 km
3	118.768 km	97,1 litros	83 km

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Una vez que contamos con la información de los litros de combustible repostados y kilómetros recorridos por vehículo, se realizara un indicador de control de consumo que se mostrara a continuación.

4.5.3 Implementación de indicadores de control.

La clave para un adecuado sistema de gestión de combustible en las flotas de vehículos, es el preciso conocimiento de los consumos de carburante de cada uno de sus vehículos. El conocimiento resulta indispensable para la implantación de sistemas avanzados de control de combustible. Mientras mayor sea la precisión y detalle con la que se lleve a cabo el control de consumo de combustible, mayor será la eficiencia energética de la flota.

4.5.3.1 Vehículos

$$\text{Indicador de Consumo} \left(\frac{l}{km} \right) = \frac{\text{Litros repostados}}{\text{Km recorridos}}$$

A continuación de un ejemplo de cómo quedaría la tabla de características según camión de recolección para encontrar el indicador de consumo.

Tabla 67: Indicador de consumo de combustible.

Camión R-29 / Enero 2016				
Nº repostaje	Km tacografo	Litros repostados	Km recorridos	Indicador de Consumo
38	97.564	98,6	150	0,66 litros/km
39	97.714	100	97	1,03 litros/km
40	97.811	94,7	83	1,14 litros/km
41	97.894	90	97	0,93 litros/km
42	97.991	100	151	0,66 litros/km
43	98.142	97	82	1,18 litros/km
44	98.224	92,6	85	1,09 litros/km
45	122.113	98	84	1,17 litros/km
46	122.466	100	154	0,65 litros/km
47	123.001	100	79	1,27 litros/km

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El grafico mostrado a continuación se marca con una línea roja el límite de tolerancia (0,98 litros/km) a partir del cual los repostajes por encima de la misma deberían ser observados para determinar la causa de tan elevado valor. Los indicadores de consumo son altos debido a que los camiones de recolección trabajan como si tuvieran un rendimiento de 1,2 km/lt, es por esta razón que se debe analizar el consumo de combustible en la flota. La periodicidad adecuada para controlar el consumo de vehículos debe ser mensual.

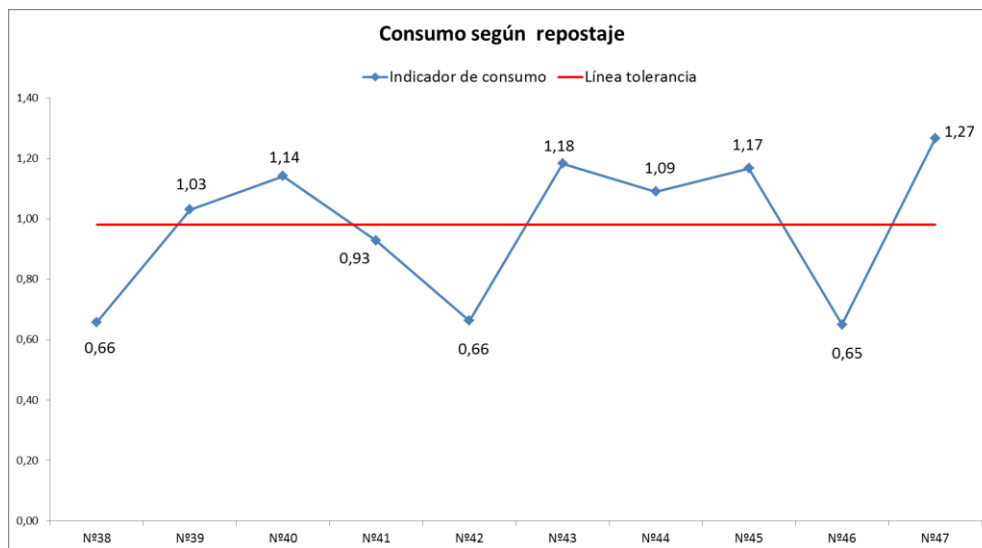


Gráfico 39: Consumo por repostaje camión R-29, Enero 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

De esta manera, se tendrá una visión sencilla y bastante clara de cuáles son los consumos habituales del vehículo a controlar y se percibirá la posible existencia de algunos puntos que excedan la franja de valores normales de consumo de este vehículo.

Los repostajes N°40,43 y 47 están por encima de la tolerancia, por lo que se debe investigar la causa de estas anomalías, primero se debe comprobar el parte de repostaje correspondiente y en caso de no encontrar anomalías, se pone en contacto con el conductor para averiguar las posibles causas, como pudiera ser un accidente, derrame en el repostaje, una avería, etc.

Una vez que se tiene la información del consumo promedio anual de toda la flota, el encargado de la gestión contara con la siguiente tabla de vehículos disponibles.

Tabla 68: Vehículos disponibles en la flota de las mismas características 2016.

Camión	Tipo de Camión	Año	Capacidad	Consumo (Litros/Km)
R-25	Camión Recolector	2013	8000	0,78 litros/km
R-26	Camión Recolector	2013	8000	0,62 litros/km
R-27	Camión Recolector	2013	8000	0,81 litros/km
R-28	Camión Recolector	2013	8000	0,74 litros/km
R-29	Camión Recolector	2013	8000	0,98 litros/km
R-30	Camión Recolector	2013	8000	0,57 litros/km

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En la tabla anterior se arroja los indicadores de consumo de camiones que tienen las mismas características técnicas que el R-29 vehículo designado para la recolección domiciliaria del sector en estudio.

También resulta de gran utilidad la confección de gráficos de manera que, de un golpe de vista y sin tener que estudiar detenidamente toda la tabla, se vea reflejados fácilmente consumos anormalmente altos. A continuación un gráfico con el consumo promedio anual de cada vehículo con las mismas características técnicas.

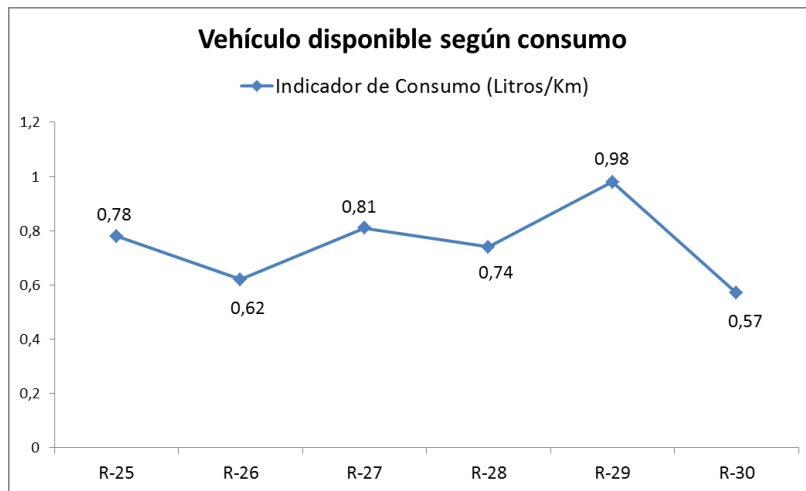


Gráfico 40: Vehículo disponible con las mismas características según consumo.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se debe potenciar el uso de los vehículos más eficientes en el consumo de combustible, de manera que las distancias más largas recaigan sobre aquellos vehículos de menor consumo. En este caso la mejor opción para recorrer una mayor distancia es el camión R-30, debido a que es más económico. Al mejorar la eficiencia en el consumo de combustible, incrementan el rendimiento de los camiones de recolección de residuos.

A continuación se describe indicador de rendimiento de los camiones de la flota.

$$\text{Indicador de Rendimiento} \left(\frac{\text{Km}}{\text{Litro}} \right) = \frac{\text{Kilometros recorridos}}{\text{Litros reposados}}$$

En promedio la flota consume 100 litros de combustible al día por camión, teniendo los kilómetros recorridos y realizando los cálculos para encontrar los litros reposados se obtiene la siguiente grafica de rendimiento.

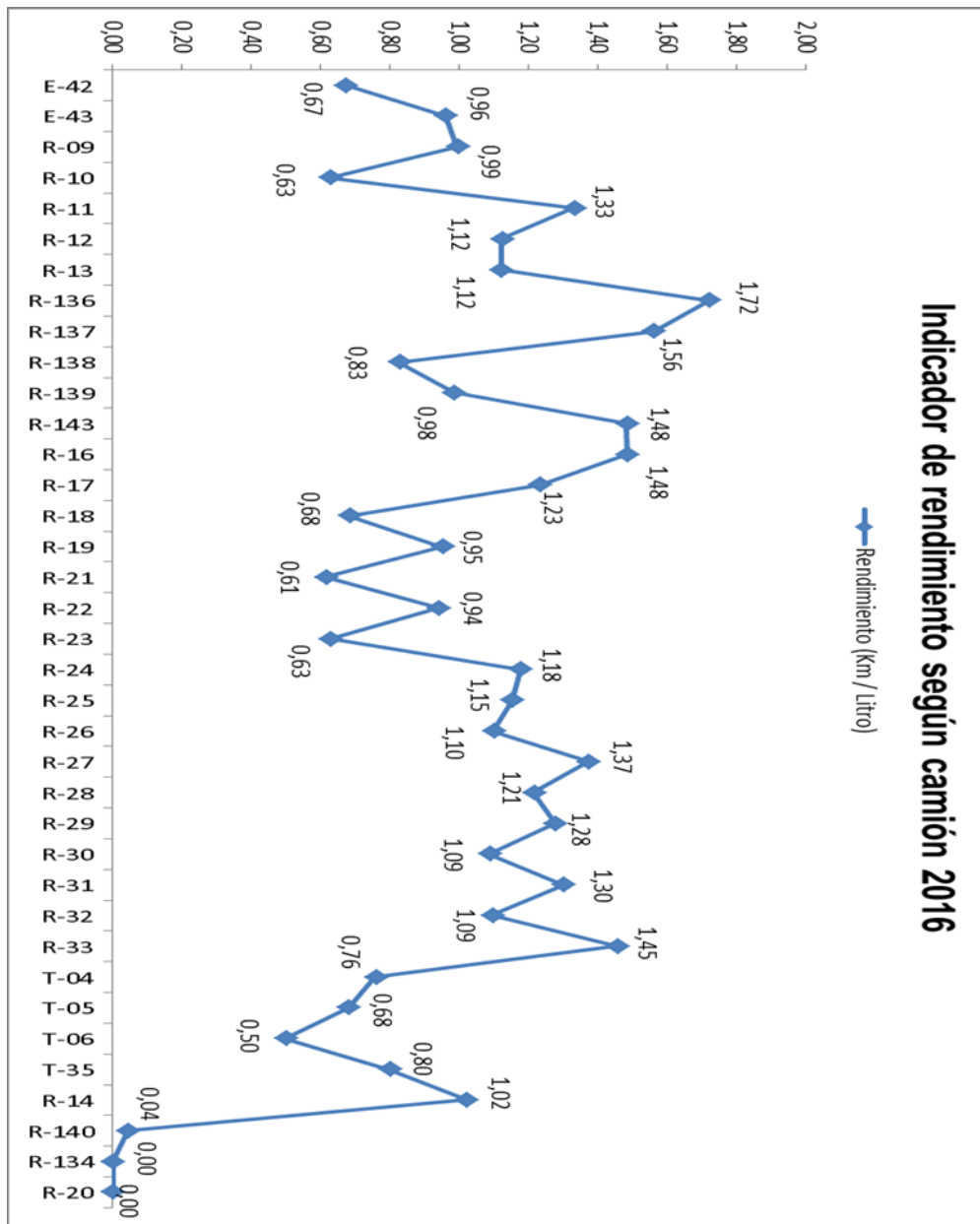


Gráfico 41: Indicador de rendimiento según camión.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

El rendimiento promedio de la flota es de 0,97 Kilómetros/Litro, aumentar el valor de este indicador es fundamental para la gestión, mientras mayor sea el rendimiento, se podrá entregar el servicio de recolección a más personas ya que aumentaría los kilómetros que se pueden recorrer en recolección. Para demostrar lo anterior a simple vista se entrega una gráfica con kilómetros recorridos por camión según rendimiento, no se incluyen los vehículos que tuvieron menos del 30% de días operativos.

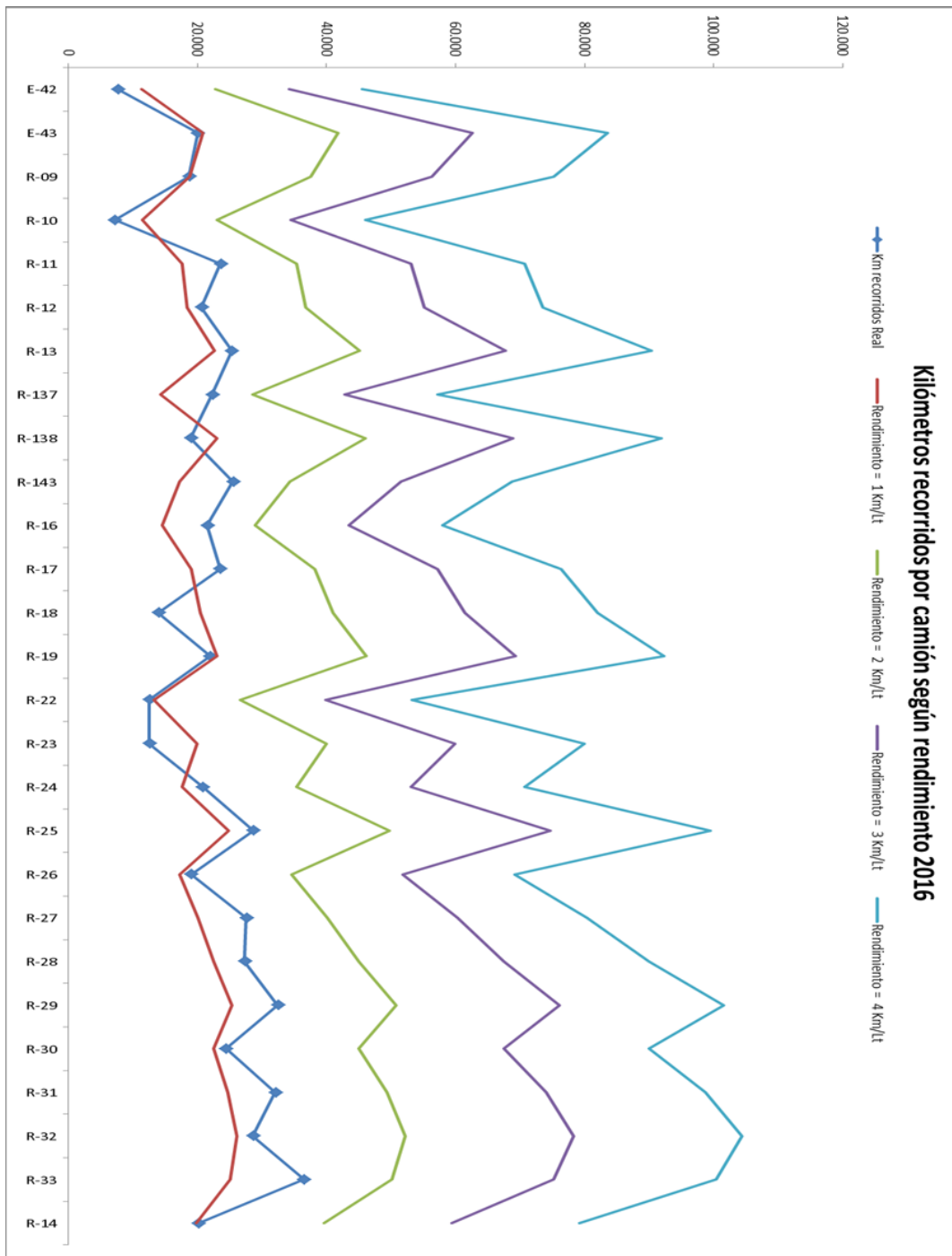


Gráfico 42: Kilómetros recorridos por camión según rendimiento.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Se refleja en la gráfica que la línea que representa los kilómetros recorridos reales son semejantes a la de rendimiento de 1 km/L, para los rendimientos 2,3 y 4 km/L es muy grande la brecha de diferencia con los kilómetros recorridos reales.

A continuación se describe indicador de productividad en recorrido de los conductores de la flota.

4.5.3.2 Conductores

Se creó un indicador de control de flota, para poder identificar a los conductores de recolección más productivos a simple vista.

El indicador de control de productividad se encuentra con la siguiente formula:

$$\text{Indicador} = \left(\frac{\text{Kilometros en ruta}}{\text{Kilometros en recoleccion}} \right) \times 100$$

En donde , por la morfología del terreno de recolección de la comuna de Viña del Mar, donde los camiones de recolección recorren más de una vez por el mismo lugar, lo que provocan distancias muertas sin recolección, se recomienda que para obtener la distancia productiva optima se determine con el promedio de la media (Vázquez, Mulas, Aguilar y Sancho, 2002).

A continuación un ejemplo de cómo quedaría la tabla de características según conductor para encontrar el indicador de distancia recorrida productiva y luego su representación gráfica.

Tabla 69: Indicador de distancia productiva por conductor.

Conductor	Indicador productividad (%)	Conductor	Indicador productividad (%)
Nº1	24	Nº22	24
Nº2	26	Nº23	11
Nº3	22	Nº24	32
Nº4	31	Nº25	22
Nº5	1	Nº27	42
Nº6	34	Nº28	22
Nº8	18	Nº31	34
Nº9	35	Nº32	25
Nº11	33	Nº33	30
Nº12	27	Nº34	23
Nº13	18	Nº35	45
Nº15	19	Nº36	48
Nº16	24	Nº38	20
Nº17	21	Nº39	36
Nº18	30	Nº40	21
Nº19	33	Nº41	41
Nº20	45	Nº42	33

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

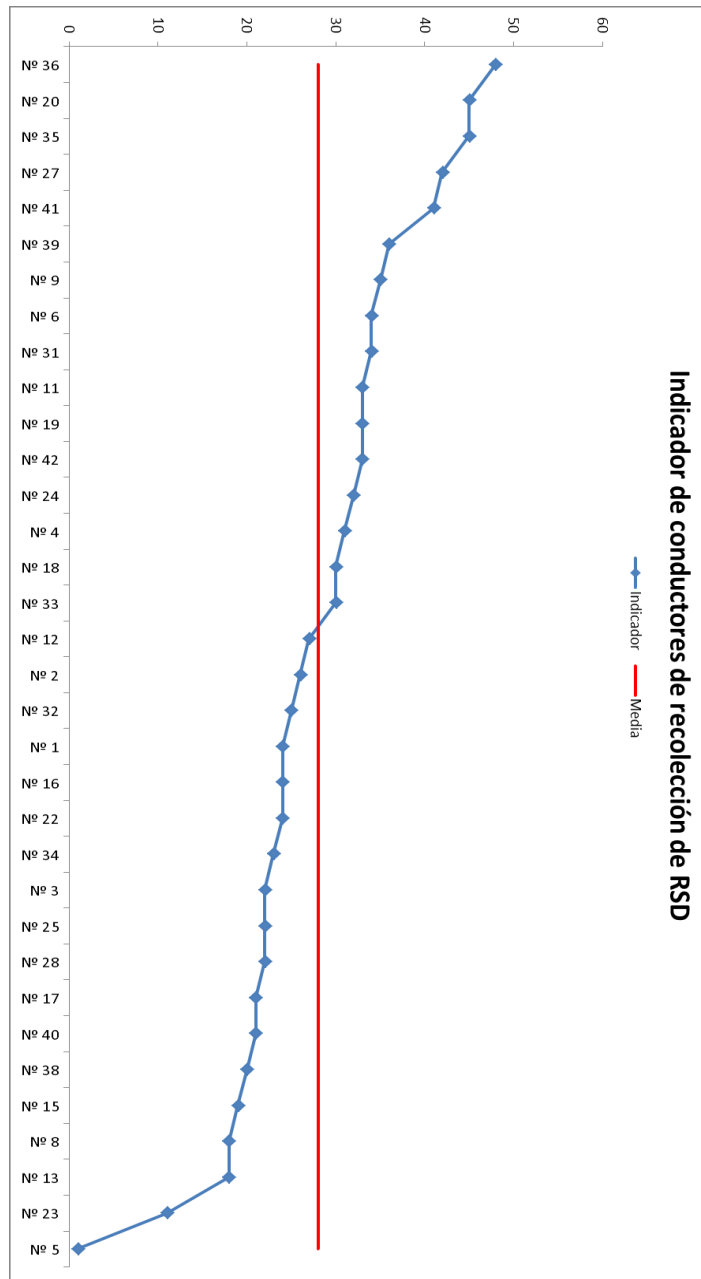


Gráfico 43: Indicador por conductor de recolección de RSD.

Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

En el gráfico se representa el indicador de productividad en relación a los kilómetros recorridos en ruta y los kilómetros en la recolección total, se refleja que sobre un 80% de los conductores se encuentran con un indicador mayor a la media o cercano a esta en cuanto a la distancia productiva en la recolección se refiere. Lo que se busca en macro ruta siempre es

aumentar los valores de este indicador, es decir, que las distancias productivas sean máximas y las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible.

A continuación se presenta la gráfica que contiene el indicador de productividad pero de los conductores de operativos.

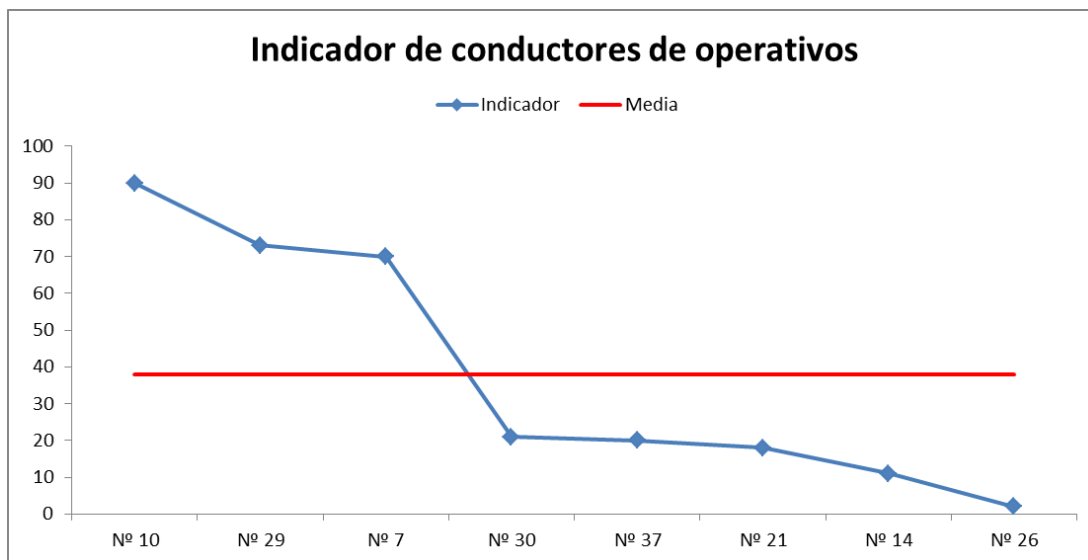


Gráfico 44: Indicador por conductores de operativos.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por organización.

Con este indicador se llega a la misma conclusión que en el análisis que se realizó en la sección 4.3, solo 3 conductores de operativos están sobre la media, es decir que las distancias productivas sean mayores que las distancias muertas, es por eso que se recomienda realizar los operativos solo con 3 conductores y designar a los restantes a otras funciones o recorridos.

La mejora de la eficiencia en la gestión de combustible consiste en la realización y control mensual de la tabla de indicador de consumo que corresponde a los consumos y kilometraje de los distintos vehículos. Viendo esta información, el gestor de flota podrá asignar los conductores más productivos a los vehículos con menos consumo para las rutas más largas, mientras que sus características cumplan los requerimientos de los operativos o recolección domiciliaria, dejando los vehículos con mayor consumo para las rutas más cortas.

Conclusiones

Es claro que el manejo de residuos en Chile como reflejo de lo que ocurre en Latinoamérica es meramente reactivo, prevalece el esquema de recolección, transporte y disposición final de los residuos, dejando de lado la valorización, reciclaje, prevención. Es por esta razón que la generación de residuos sólidos domiciliarios (RSD) va en aumento, un 50% desde el 2015 al 2016.

Para la entrega del servicio de recolección y transporte de RSD, el Municipio cuenta con un sistema mixto, el primero mediante la empresa externa COSEMAR S.A que por medio de contenedores ubicados en calles y avenidas en la cercanía de los hogares, que luego son retirados por camiones con un sistema semiautomático operado por el conductor desde la cabina que levanta las contenedores y vierte el contenido en el camión. La ventaja de este sistema es que reduce la cantidad de mano de obra y los ciudadanos son libres de deshacerse de los RSD cuando ellos estimen conveniente, la desventaja es que existen lugares con pendientes muy pronunciadas o calles muy angostas, en donde los camiones no se pueden acoplar a los contenedores para su retiro, por lo que no existe posibilidad de implementar este sistema que a su vez es el más rápido y eficiente.

En la comuna de Viña del Mar, un 60% del terreno corresponden a cerros con pendientes muy pronunciadas, calles angostas y con difícil acceso. Es por esta razón que el segundo método ocupado es la recolección puerta a puerta, el cual es un proceso lento y que se requiere contar con un conductor Municipal y 4 operarios que pertenecen a la empresa externa González y Fierro Ltda., lo que corresponde a un aumento en mano de obra en comparación al otro método de recolección.

La ineficiente entrega del servicio de recolección de RSD provoca el descontento de las población que se refleja en un aumento de los reclamos, de los cuales en un 43% corresponden al servicio de recolección domiciliaria, los otros servicios prestados por el Municipio es el desmalezado, microbasurales, verde y voluminosos.

Por tanto, mediante la metodología DMAIC, herramienta fundamental para la mejora de procesos, se definió, midió, analizo, mejoro y controlo los procesos. Lo que permite concluir que:

En cuanto a los operativos realizados por el departamento mencionados anteriormente, un 90% es realizado por 3 de los 8 conductores designados para cumplir esta función. Por lo que se necesitan menos conductores para el cumplimiento de los servicios, que se ocuparan en realizar la recolección domiciliaria. Es clave que exista un supervisor que revise el sector donde se realizara el operativo, con el fin de ubicarlo y tener una referencia de la cantidad de m³ a retirar y de esta forma saber con cuantos operarios serán necesarios.

La hoja de ruta para estos operativos, no entrega información suficiente para una correcta medición y análisis de datos. No se tiene información referente a kilómetros que se recorren, cuanto fue el consumo de combustible, tiempos empleados y condiciones del terreno. Es por esta razón que para una forma de control más detallada se creó una nueva hoja de rutas que nos entreguen la información necesaria.

Para encontrar las causas del problema, se analizó conductores y camiones de recolección que son los elementos claves para la entrega del servicio de operativos y la recolección domiciliaria de RSD, la cual cuenta con un 43% en reclamos al departamento, que es la razón de porque el estudio se enfocó en este servicio.

Son 42 conductores municipales, de los cuales 34 son de recolección domiciliaria y 8 de operativos/auxiliares, de los que solo se necesitarían solo 3 y los 5 restantes se designaran a la recolección domiciliaria. Se cuenta con conductores encargados a la recolección domiciliaria que trabajan menos de 10 días al mes, esto se debe a que prestan apoyo a los operativos, en promedio 15 días, lo que refleja que esos días los puntos de recolección por estos conductores no fueron realizados.

Al analizar la edad de los conductores concluimos que esta no influye en el desempeño de los servicios, el promedio de edad es de 51 años, con una edad mínima de 30 y una edad máxima de 76 años. Los conductores, son funcionarios municipales que se deben acoger a la Ley 18.883, por lo que deben cumplir 44 horas semanales, pero esto no se cumple, trabajan en promedio 4 a 5 horas por día, por lo que no se está ocupando correctamente este recurso.

En relación a la carga recolectada, el 52% de los conductores llega al vertedero El Molle con capacidad disponible en los camiones, por lo que son menos productivos, esto se debe a que existen días en que se realiza la recolección unas horas y luego se retiraran del punto sin terminarlo. En el año de estudio, recorrieron 585.000 kilómetros, de los cuales solo el 28% fue dedicado a la ruta de recolección, el resto de los kilómetros recorridos, al no contar con GPS no se sabe si corresponde a trayecto al lugar de disposición final o por realizar recorridos ajenos a su función de recolección.

En relación a los camiones de recolección son 38 vehículos, que según la Ley 3.063 sobre rentas municipales, los camiones de recolección y sus equipos complementarios tienen una vida útil de 7 años con un valor residual de 16%. El 76% de la flota tiene más de 21 años de vida útil, gastan más en combustible por su bajo rendimiento y tienen un mayor costo de mantención y operación. Es por esta razón que el consumo de combustible se ha incrementado a un 50% desde el 2015. El 40% de los días, los camiones de la flota se encuentran en mantención por lo que no se realiza ningún servicio de recolección esos días.

Como no se cuenta con GPS, no existe una digitalización de las rutas, lo que provoca que mediante la ausencia del conductor designado a la ruta, el conductor de remplazo no conozca el detalle del sector, lo que provoca no completar el punto de recolección y que se refleja en aumento de reclamos y solicitudes al departamento. Actualmente las rutas han

sido construidas por el conocimiento de los conductores con modificaciones surgidas por la creciente demanda provocada por el repoblamiento. Las cuales con la ayuda de la herramienta de geo localización GPS se podrán mejorar, al conocer información importante en relación al recorrido realiza en las rutas, tiempos empleados, kilómetros recorridos, consumo de combustible, etc.

Para la digitalización de ruta, se escogió el sector de Reñaca Alto el cual cuenta con la mayor frecuencia de recolección en operativos de microbasurales y voluminosos, es la consecuencia directa de una mala entrega del servicio de recolección lo que provoca un aumento en la creación de microbasurales y tiraderos clandestinos por el descontento de la población.

El sector tiene una superficie de 734 hectáreas y una población de 29.082 habitantes, se divide en 3 zonas de recolección o rutas con frecuencia de 2 días por semana. Para lograr la digitalización se realizó un estudio de campo realizando el recorrido de las rutas 1RAA, 2RAA Y 3RAA personalmente junto al conductor y los operarios, las cuales quedaron registradas gracias a la aplicación de Android Runtastic que tiene como herramienta la geo localización.

Para obtener los datos necesarios para implementar mejoras en el sector de estudio, se ocupó el macroruteo que busca que las distancias productivas sean máximas y las longitudes muertas se reduzcan tanto como se pueda y también el manual de procedimiento SODESOL que nos servirá de guía para encontrar esos valores (capacidad útil camión, número de vehículos necesarios, tamaño cuadrilla, tiempos en ruta, velocidad de avance, distancia productiva, etc).

Se concluye de los resultados que las distancias recorridas promedio en las rutas son mayores a la distancia que cubre la recolección, por lo que el tiempo empleado en la entrega del servicio no alcanza y se debe realizar ajustes en las rutas y planificación de estas. Con lo que se justifica lo obtenido anteriormente, que las horas trabajadas por los conductores no son suficientes para satisfacer la necesidad de la población.

El número necesario de camiones de recolección se obtuvo mediante el manual de procedimientos SODESOL y un modelo matemático realizado en Excel y solucionado mediante la herramienta Solver, lo que dio como resultado la necesidad de 7 camiones de recolección, 4 más de los que se cuentan para la recolección del sector. La forma de pedir financiamiento por el Departamentos Aseo y Ornato es por medio del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) el cual solicita recursos por medio de proyectos, que se deben guiar por la Circular 3, es por esta razón que se realizó un análisis económico con la metodología de remplazo de equipos.

Se realizó confrontación Defensor que sería el camión viejo R-09 con 21 años de uso versus Retador con un camión de solo 5 años de uso, el R-29 que sería el camión de recolección del sector en estudio y con un camión nuevo con 1 año de uso. En todos los casos que se estudiaron en los cuales se analizó el CAUE, remplazar al Defensor por unos camiones con

las características del Retador fue el resultado. Para reforzar estos resultados se realizó comparación costo marginal del Defensor y CAUE mínimo del Retador, en el que se concluye que el defensor debe ser remplazado inmediatamente.

Se sabe que económicamente la mejor opción es el remplazo, pero si no se consiguen los fondos por no aprobación del Consejo Regional seguiríamos con una ineficiente entrega del servicio por una flota que un 40% no se encuentra operativa, además de tener costos elevados de combustible y mantención por la antigüedad de los camiones, con esto la necesidad de más camiones de recolección seguiría. Es por esto que se propone la externalización del servicio a una empresa externa que en el caso de la licitación del año de estudio es COSEMAR S.A.

Al realizar gráficos de dispersión de las 3 rutas pertenecientes al sector, La ruta 1RAA, tiene una variación en los kilómetros recorridos mayor al resto de las rutas, por estar ubicada en un terreno sin pendientes muy pronunciadas tiene una velocidad de avance de 4,9 km/hr, pertenecen a este punto de recolección condominios de edificios que es una de las razones de ser la ruta que tiene más kilogramos recolectados en relación a las demás, hay veces que tienen que realizar doble viaje al vertedero el molle dejando el punto incompleto, que un 46% de las veces no se vuelve a completar.

En la actualidad al no contar con estación de transferencia, realizar un doble viaje al vertedero el molle no es lo recomendable, debido a que el tiempo empleado es de una hora y treinta minutos, tiempo que no se usa en realizar recolección, además que se necesita recorrer 60 kilómetros, lo que aumenta los gastos en combustible y mantención de los camiones, ya que se deterioran al recorrer esta distancia como mínimo todos los días y con una carga promedio de 6 toneladas.

Para evitar esto y aprovechando que terreno de esta ruta tiene menor pendiente, lo que facilita instalar recolección por medio de contenedores, se evaluara la propuesta de externalización, con el objetivo de una mejor entrega del servicio, disminuir el descontento de la población y evitar el doble viaje al lugar de disposición final lo que disminuiría los costos de operación y mantenimiento de la flota. Por las razones que se dieron anteriormente la propuesta de externalización se realizó a la ruta 1RAA del sector de Reñaca Alto, que tiene un alcance de 1975 viviendas o roles.

Se analizó la propuesta mediante un análisis económico, para saber si es preferible externalizar o adquirir un camión nuevo si es que se cuenta con los fondos necesarios.

Una vez realizado el análisis económico de las propuestas y comparando los CAUE por periodo, nos da como resultado que es recomendable la externalización inmediata del servicio a la empresa externa COSEMAR S.A por un periodo de 1 año, luego de este periodo se manda a una nueva licitación. Se analizó el valor presente de cada propuesta y se confirma que se debe aceptar la propuesta de externalizar inmediatamente a COSEMAR S.A en vez de seguir la recolección con el camión viejo.

Otra de las causas a la problemática, es la distancia desde el punto de recolección al lugar de disposición final de los residuos, ya que estos se ubican lejos de los centros urbanos, lo que provoca que los puntos de recolección se dejen abandonados por una hora y treinta minutos que el tiempo promedio que se demora el conductor en ir y volver del relleno sanitario al sector de recolección.

Es por esta razón que es necesaria la implementación de una Estación de transferencia (ET) con la que se disminuirían las distancias recorridas, tiempos muertos y costos operativos en un 23%, además de un aumento en la recolección por el tiempo disponible. La ET estará localizada en una zona de propiedad municipal del sector El Salto que se encuentra en la parte norte de la comuna de Viña del Mar, está a 30 minutos promedio de los principales sectores de recolección que y tiene salida a Vía Las Palmas que conduce al Relleno Sanitario El Molle.

Se realizó un análisis económico con la comparación del valor presente por periodo de las propuestas para ver si es preferible contar con ET o no. Es importante enfatizar que el criterio básico para el empleo de ET es que la economía que se logre por la disminución de distancias y tiempos en recorrido de la flota, debe ser mayor que los costos de inversión y operación del sistema de transferencia. Lo que se lograría desde el periodo 8 del análisis económico. Por lo que es recomendable la implementación de la ET, con esto los costos disminuirían en un 24% (costo disposición final y costo combustible) y se produciría un ahorro anual de \$427.319.510 millones.

El control de flota es fundamental, es por esta razón que es indispensable la implementación de la herramienta GPS, la que permitirá hacer más eficiente la gestión y control del servicio de recolección de residuos domiciliarios en la comuna. Permitirá realizar un seguimiento a la ruta, kilómetros recorridos, litros de combustible utilizados, tiempos de detención, entre otros. Lo que constituye una extraordinaria herramienta de obtención de información para lograr un mejor control de los procesos con el cual el Municipio podrá proponer mejoras al servicio.

Hoy en día al no contar con GPS implementado, la información se obtiene a través de una hoja de ruta, que es llenada diariamente por el conductor, lo que no nos brinda una información objetiva y se debe confiar en lo que nos entrega los conductores.

La implementación de GPS en la flota tiene un costo de \$14.703.916, en el sector de estudio existen 3246 kilómetros que no corresponde a la recolección misma, costos en combustible que mediante esta herramienta se podrá realizar seguimiento y a la vez disminuir. En la actualidad se gasta más combustible y se recorren menos kilómetros de lo que corresponde a un servicio normal.

Se realizó un análisis económico mediante la obtención del valor presente neto el que irá en aumento y es de \$.2.416.640. Con esta implementación se tendrá la localización en tiempo real de los camiones de recolección por lo que los conductores no podrán salirse de la ruta, en la actualidad un 20% de los conductores tiene kilómetros recorridos superiores a los que deberían tener en recolección. Para reforzar lo anterior se evaluó la propuesta mediante la

razón Beneficio/Costo que se aplica en la evaluación social de proyectos, la que dio como resultado 2,6 que es mayor que 1 , por lo que se acepta la propuesta.

En relación al control, se tiene que dar mayor importancia al consumo de combustible, cada vez que se realice un repostaje el conductor en la hoja de ruta tiene que anotar los litros de combustible repostados hasta el llenado del tanque como también los kilómetros indicados en el taco grafo. Como el repostaje se realiza en el departamento, se recomienda que deba ser el operario del surtidor el que encargado de rellenar un parte de repostaje cada vez que se haga uso del mismo y entregar al final de la jornada al supervisor de la flota para su ingreso y posterior análisis. Una vez que se cuenta con litros repostados y kilómetros recorridos se podrá realizar un indicador de control de consumo.

La clave para un adecuado sistema de gestión de flotas, es el preciso conocimiento de los consumos de carburante de cada uno de los vehículos. Mientras mayor sea la precisión y detalle con la que se lleve a cabo el control de combustible, mayor será la eficiencia energética de la flota.

Los indicadores de consumo son altos debido a que los camiones de recolección realizan los procesos como si tuvieran un rendimiento promedio de 1,2 km/litro, por lo que consumen más combustible en menos kilómetros. De esta manera se tendrá una visión clara y sencilla de cuáles son los consumos habituales del vehículo a controlar y si se perciben repostajes que estar por encima de la tolerancia se debe investigar la causa de estas anomalías. Al tener indicador de consumo, se podrá saber a primera vista cuales son los camiones de la flota que son más eficientes en relación al consumo de combustible, se busca la utilización de camiones que tengan un indicador de consumo menor para recorridos más largos.

En promedio, la flota tiene un consumo de 100 litros de combustible al día, variando según capacidad de carga del camión. El rendimiento promedio de la flota es de 0,97 kilómetros/litro. Es fundamental aumentar el valor del indicador de rendimiento, mientras mayor sea este, se podrá entregar el servicio de recolección a más personas, ya que aumentaría los kilómetros recorridos.

En relación al indicador de productividad, lo que se busca es que la distancia productiva sea mayor a las distancias muertas. Por la morfología del terreno es muy común que camiones recorran más de una vez por el mismo lugar, lo que provoca distancias muertas sin recolección. El 80% de los conductores se encuentra con un indicador mayor a la media. Al aplicar el indicador a los conductores municipales se llega a la misma conclusión cuando se analizaron los operativos, 3 de los 8 conductores responsable de estos operativos están sobre la media, es por esto que se debe realizar los operativos solo con 3 conductores designados y los restantes que realicen otras funciones o recorridos.

Con esta información a simple vista, el encargado de la gestión de flota podrá asignar los conductores más productivos a los vehículos con menos consumo para las rutas más largas, mientras que sus características cumplan los requerimientos de los operativos a realizar, dejando los vehículos con mayor consumo a las rutas más cortas.

Por tanto, es sabido que, lo que no se puede medir no se puede controlar, es por esta razón que cree una nueva hoja de rutas de operativos, para obtener información fundamental para el análisis, con la que no se cuentan en la actualidad, es por esta falta de información que es indispensable la implementación de GPS en los camiones de recolección con el fin de tener la localización de los camiones en tiempo real con lo que se evitaría que los conductores se retiren de la recolección de RSD para realizar trabajos particulares con el camión recolector, también se tendrá un ahorro en combustible, se reducirán los tiempos perdidos, saber cuánto combustible se ocupa por ruta, etc. Una óptima administración de flotas es aquella que permite controlar toda la información, los costos operativos y lograr los máximos ahorros en gastos de combustible.

Sin embargo los ingresos percibidos por la tarifa de aseo no son suficientes para sustentar los gastos en que incurre el Municipio por la operación de este servicio. Esto se debe a que se cuenta con una tarifa plana, en la que se subsidia un 80% de la población, con lo que se recupera un 30% de los gastos por prestación de servicio, el resto es financiado por el municipio. Es por esto que se debe cambiar el sistema de cobro de tarifa de aseo, un ejemplo que dio resultado en varias partes del mundo es el sistema de tarifa diferenciada por unidad o "Pay as You Throw" (Pague por lo que bota) con lo que disminuyo en EEUU un 25% de los residuos y un 45% de los costos totales de recolección y disposición final de los RSD.

Esta conclusión abre la puerta para optimizar mejor los procesos, y minimizar los volúmenes generados de residuos, aumentando el porcentaje de reciclaje en el país, una herramienta útil será la nueva Ley Responsabilidad Extendida al Productor (Ley REP) la que entrega todas las facilidades para impulsar la reutilización y valorización de los RSD. Un ejemplo es la ciudad de Barcelona, en la que se realizó un estudio de campo en Agosto del 2017, en donde las municipalidades facilitan la reutilización y reciclaje de la población, mediante la segregación por medio de contenedores (Anexo 2) y con la implementación del Centro Integral de Valorización de Residuos del Maresme en donde le dan valor a los residuos que se encuentran en contenedor de la fracción Resto (contenedor gris) que cumplen misma función que los contendores verdes implementados en nuestro Municipio, los cuales reciben todo tipo de residuos sin segregación previa.

Es indudable que el mantenimiento de un ambiente que permita proporcionar a la población una calidad de vida digna y saludable tiene un costo elevado, pero el gasto que esto conlleva, siempre será menor que el costo de poner en peligro el medio y la salud de la población.

Bibliografía

- Kirca,O y Erkip,N.(1988) *Selección de ubicaciones de estaciones de transferencia para grandes sistemas de residuos sólidos*. Ankara, Turquía.
- Tchobanoglous,G., Theisen,H. y Vigil,S.A.(1993) *Gestión integrada de residuos sólidos: principios de ingeniería y cuestiones de gestión*. New York, USA.
- Rahman,M. y Kuby,M.(1995) *Un modelo multiobjetivo para ubicar sólidos en instalaciones de transferencia de residuos utilizando una función de oposición empírica*. México DF, México.
- Acurio,G., Rossin,A., Teixeira,P. y Zepeda, F.(1997) *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Washington, USA: Inter-American Development Bank.
- SEIA. (1998) *Estudio de impacto ambiental, y estación de transferencia. Servicio de Evaluación de Impacto ambiental*. Santiago, Chile.
- Ballou,R.(1999) *Logística Administración de la cadena de suministro*. México DF, México: Pearson Educación.
- SEDESOL. (1999) *Manual de Técnicas Administrativas para el Servicio de Limpia Municipal*: Editado por Ingeniería para Control de Residuos Municipales e Industriales. Secretaria de Desarrollo Social. México DF, México.
- CONAMA. (1999) *Política regional de residuos sólidos Región Metropolitana. Comisión Nacional de Medioambiente*. Santiago, Chile.
- CONAMA. (2000) *Residuos: Octava región del Biobío. Comisión Nacional de Medioambiente*. Concepción, Chile.
- Sanchs, W. (2002) *Globalización y sustentabilidad*. Múnich, Alemania.
- Angelelli, E. y Speranza,M. (2002) *La aplicación de un modelo de enrutamiento de vehículos a un problema de recolección de residuos*. Brescia, Italia.
- Porter, M. (2002). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior*. México DF, México: Grupo Editorial Patria.

- Vazquez,J., Mulas,A., Aguilar,O. y Sancho.J(2002).*Manual de Evaluación de Proyectos para el Servicio de Limpia Municipal*. Secretaria de Desarrollo Social. México DF, México.
- CONAMA. (2004) *Residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana*. Comisión Nacional de Medioambiente. Santiago, Chile.
- McCarty, T., Bremer, M. y Daniels, L. (2004) *Manual de Six Sigma*. Illinois, USA: McGraw-Hill
- Covarrubias, A. (2004) *Tarificación De Residuos Sólidos Domiciliarios. Serie informe Medio Ambiente*. Santiago, Chile.
- Barrera, J. (2005) *Crónicas Urbanas*. Recuperado de www.canarias7.es
- Greenpeace Argentina (2005). *Buenos Aires, Ciudad Basura Cero*. Recuperado de www.paginadiqital.com.ar
- Vásquez, O. (2005) *Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana de Chile*. Santiago, Chile: Revista de dinámica de sistemas.
- CONAMA. (2006) *Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Comisión Nacional de Medioambiente. Santiago, Chile.
- Racero, J. y Pérez, A. (2006) *Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios*.Valencia, España: X Congreso de Ingeniería de Organización.
- Baldacci, R., Bodin, L., y Mingozi, A. (2006) *La eliminación múltiple Instalaciones y ubicaciones de inventario múltiples: Problema de enrutamiento de vehículo de roll-rolloff*. México DF, México.
- Gutiérrez, H. y de la Vara, R. (2008) *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México DF, México: Mc Graw Hill Education.
- Wy, J., Kim, B., Kim, S. y Sahoo, S. (2010) *Problema de enrutamiento de vehículo roll-rolloff en la industria de recolección de residuos. En la 11ª Conferencia de Ingeniería Industrial y Sistemas de Gestión de Asia-Pacífico*. Melaka, Malasia.
- Organización de Naciones Unidas. (2010) *Ciudad Hoy, Ciudades del Mañana. Unidad 6: Soluciones para la Ciudad: Un Futuro Urbano Sano. Basura que no es Basura: Desecho de Basura*. Recuperado de www.un.org

- CONAMA. (2010) *Política regional de residuos sólidos Región Metropolitana*. Comisión Nacional de Medioambiente. Santiago, Chile.
- Garza, R., González, C., Pérez, I., Martínez, E. y Sanler, M. (2012): *Concepción de un procedimiento utilizando herramientas cuantitativas para mejorar el desempeño empresarial*. Sevilla, España: Revista Ingeniería Industrial.
- Valenzuela (2013): *Diseño de una estrategia de negocio para una empresa de transporte especializado*. Santiago, Chile.
- Contraloría de la república. (2016) *Boletín informativo de ejecución presupuestaria sector municipal*. Santiago, Chile.
- Carlos Valdebenito, Doctor en Geografía Humana (2017): *Programa Informe Especial (TVN)*. Santiago, Chile.
- INE. (2017) *Primeros resultados definitivos CENSO 2017*. Santiago, Chile.
- Organización de Naciones Unidas. (2018) *El año que vivimos sosteniblemente*. Recuperado de www.un.org/sustentabilidad

Anexo 1: Marco legal

Se refiere a las bases legales que sustentan el objeto de estudio, a continuación una tabla que muestra una recopilación de las principales leyes y normas aplicables a lo largo de los últimos años en Chile, que nos ayudan a fundamentar la investigación a realizar.

Tabla 70: Resumen marco legal y regulatorio de relativo al manejo de residuos en Chile

Año	Elemento	Descripción
1947	Reglamento sobre Normas Sanitarias Mínimas Municipales	Establece responsabilidades a los municipios para proveer la limpieza y condiciones de seguridad de sitios públicos, de tránsito y de recreo.
1968	Código Sanitario	Rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes, y regula aspectos específicos asociados a higiene y seguridad del ambiente y de los lugares de trabajo. Autoriza aspectos relativos a las instalaciones para el tratamiento, transporte y acumulación de residuos. Indica a las Municipalidades como responsables del orden sanitario dentro de las comunas.
1978/ 2014(A)	Ley de Rentas Municipales	Permite a los Municipios cobrar una tarifa a todos los usuarios de la comuna por el servicio de aseo; también les permite establecer tarifas diferenciadas.
1988/ 2006(A)	Ley 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades	Establece como función privativa de los municipios el aseo y ornato de la comuna, incluyendo extracción, transporte y disposición de los residuos. Permite contratar mediante licitación pública a terceros para prestar el servicio a los habitantes.
1992	Ratifica Convenio de	Regula el movimiento transfronterizo de

	Basilea	desechos peligrosos y establece obligaciones para asegurar el manejo y disposición ambientalmente responsable de estos.
1994	Ley 19.300 sobre Bases Generales de Medio Ambiente	Integra a los residuos dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
2000	Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo	
2005	Política de Gestión Integral de Residuos	Busca completar el marco regulatorio para los diferentes residuos sólidos y establecer medidas de fiscalización y mejoras en la gestión.
2005	Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos	
2007	Programa Nacional de Residuos Sólidos de la Subsecretaría de Desarrollo Regional(SUBDERE)	La SUBDERE promueve la implementación de sistemas integrales de gestión de residuos sólidos en las diferentes regiones del país, disponiendo y administrando de fondos para ello, detectando oportunidades para la mejora de la gestión de residuos, proponiendo alternativas de inversión pública nacional, prestando capacitación y asesoría técnica a municipios.
2008	Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los Rellenos Sanitarios	
2010	Reglamento para el Manejo de Lodos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas	
2010	Reglamento sobre el Manejo de Residuos Generados en Establecimientos de Atención de Salud.	
2010	Ley 20.417 Modifica Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente	Crea y da potestad al Ministerio de Medio Ambiente para proponer políticas y formular normas, planes y programas en materias de residuos. Introduce el acceso a la información de la gestión de residuos

2013	Establece Norma para Incineración, Co-incineración, y Co-procesamiento. Deroga Norma símil de 2007	Busca prevenir los efectos negativos sobre la salud de la población y los recursos naturales, derivados de las emisiones tóxicas provenientes de los procesos de incineración, co-procesamiento y co-incineración regulados por este decreto.
2016	Ley 20.920 Establece Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendidas del Productor y Fomento al Reciclaje.	Busca disminuir la generación de residuos, aumentar la valorización, reutilización y reciclaje con el fin de proteger la salud humana y la del medio ambiente. Obliga a los productores a responsabilizarse del procesamiento y/o valorización del producto. Otorga a los Municipios la facultad para establecer convenios con sistemas de gestión y con recicladores de base, la obligación de incorporar la separación en origen en sus ordenanzas municipales, implementar estrategias de comunicación y sensibilización, maneja solicitudes de permiso para instalaciones de almacenamiento y promover la educación ambiental.

Fuente: Elaboración propia, www.leychile.cl

Anexo 2: Estudio de Campo, Recolección Domiciliaria en Barcelona

Principalmente generamos residuos a partir de aquello que compramos, ya sean alimentos, aparatos electrónicos, pinturas, revistas, juguetes, varios tipos de envases. Si tenemos esto en cuenta, lo primero que debemos hacer antes de comprar algo es pensar si podemos evitar que se convierta en un residuo. Con esta reflexión, seguro que ya no tendremos que tirar tanto ni nos resultará complicado el reciclaje.

Pero, dado que es inevitable generar residuos, si en casa ya separamos los residuos de la manera adecuada, nos ahorraremos mucho trabajo después y conseguiremos que posteriormente se haga un buen reciclaje, obtendremos grandes beneficios y el medio ambiente lo agradecerá.

Modelos de recogida

Considerando las características propias de cada municipio o agrupación municipal, las encargadas de definir el modelo de recogida más adecuado son las entidades locales con competencias sobre la gestión de residuos municipales. De este modo, los modelos de recogida de residuos aplicados actualmente en Cataluña se pueden clasificar según:

1. Segregación

a) Los tipos de modelos de segregación de residuos (tipos de fracciones que encontramos):

· 5 fracciones (fracción orgánica/envase ligero/envase vidrio/papel y cartón/resto)



Residuo mínimo (fracción orgánica/envase vidrio/papel y cartón/genérico y envases ligeros)



Multiproducto (fracción orgánica/envase vidrio/papel, cartón y envases ligeros/resto)



b) La modalidad y ubicación del sistema de recogida:

- Contenedores de superficie (áreas de acera y áreas de aportación)
- Contenedores enterrados
- Puerta a puerta
- Neumática

Cada modelo de separación de residuos se combina con uno o varios de los sistemas de recogida según las características y preferencias de cada municipio.

2. Recolección Neumática

La recogida neumática consiste en la disposición de una serie de puntos de vertido o buzones, todas conectadas a un punto central de aspiración por una red de tuberías subterráneas. Los buzones se encuentran en la calle, a las porterías o zonas comunitarias de los edificios o en los rellanos de cada piso.



Hay dos sistemas, según donde se lleva a cabo la aspiración: la neumática móvil (un camión se encarga de la aspiración desde unos puntos de succión fijos) y la neumática fija (la aspiración la hace una central. La recogida neumática permite depositar la basura a cualquier hora del día, no genera malos olores, reduce el tráfico de vehículos y mejora el impacto visual.

Anexo 3: Estudio de campo, Plan de prevención de residuos municipales (Barcelona, España)

Que puedo hacer ¿?

En casa es donde generamos gran parte de nuestros residuos. Con la incorporación de buenas prácticas en nuestra vida cotidiana podremos reducir nuestra generación.

COMPOSTAJE



La instalación de un compostador en casa (jardín o terraza) te permitirá poder gestionar los residuos orgánicos que generas, obteniendo como resultado compost, un abono natural.

REPARA Y RESTAURA



Puedes alargar la vida de los productos reparando muebles y electrodomésticos, restaurando muebles antiguos y arreglando prendas. Evita tirar objetos que aún pueden ser útiles.

BEBE AGUA DEL GRIFO



Utilizar el agua del grifo para tu consumo habitual (si es necesario utilizando mecanismos que mejoren el sabor) evita utilizar agua envasada, y de esta manera no generas residuos con las botellas vacías.

EVITA EL DESPILFARRO ALIMENTARIO



Un 20% de los alimentos que compramos acaban en la basura. Siempre que sea posible evita que la comida se convierta en un residuo, por eso es muy importante ponernos al plato cantidades que sepamos que podemos terminar, y si nos sobra comida, lo podemos guardar para el próximo comida, congelar, etc.

En la compra, cuando vamos a comprar, es muy importante tener en cuenta la prevención. Parte de los productos que compramos convertirán residuos

VE A COMPRAR CON BOLSA



Usar una bolsa reutilizable, un capazo o un carro para ir a comprar, de esta manera estarás evitando la utilización de bolsas de plástico de un solo uso, las que una vez llegas a casa se convierten en residuos.

HAZ LISTA DE LA COMPRA



Cuando vayas a comprar hay que planificar cuáles son los alimentos que nos hacen falta, mirando antes de salir de casa que tenemos en la despensa y en la nevera. Fíjate con la fecha de caducidad de todo lo que compres. Hacer la lista de la compra te permitirá comprar lo que realmente necesitas.

COMPRA A GRANEL Y ENVASES GRANDES



Compra productos a granel, evitarás el uso de embalajes innecesarios. Cuando mayores compres los envases, menos productos deberás comprar, y, por tanto, estarás reduciendo el número de residuos de envases que generas. Siempre intenta comprar garrafas, botellas grandes, botes de yogures grandes, etc

HAZ REGALOS inmateriales



A menudo queremos hacer regalos para demostrar nuestro afecto, pero estos regalos pueden tener un efecto muy negativo sobre el medio ambiente. Antes de comprar cosas materiales, que consumen muchos recursos, piensa en la posibilidad de regalar bienes inmateriales: entradas de cine, masajes, una cena, etc.

En la escuela hacemos residuos, pero también aprendemos. Hacer prevención en la escuela conllevará una reducción de la generación a la vez que se transmiten buenas prácticas al alumnado

Utiliza el PAPEL POR LAS DOS CARAS



Si utilizamos el papel por las dos caras, generaremos la mitad de residuos que si sólo la utilizáramos por una cara. Es importante imprimir el papel a doble cara, y si tenemos hojas impresas a una sola cara y ya no los necesitamos, los podemos guardar para usar como hojas en bruto.

INTERCAMBIA OBJETOS CON TUS COMPAÑEROS



Seguro que en casa tienes libros, juegos o ropa que ya no utilizas pero que aún se encuentran en buen estado, y además, muy probablemente a alguien de tu escuela le gustaría poder leer el libro o jugar con los juegos que tú ya no haces servir. Una gran actuación para prevenir residuos es el intercambio de objetos entre tus compañeros.

UTILIZA ENVOLTURAS REUTILIZABLES A LA HORA DE DESAYUNO



Los desayunos suelen llevar un envoltorio de un solo uso, como es el papel de plata en los bocadillos. Una vez nos hemos comido el desayuno generamos una bola de papel de

aluminio, si todos los alumnos de todas las escuelas hicieran lo mismo, imagínense qué montaña de papel de aluminio haríamos cada día! Para evitarlo, puedes usar envoltorios reutilizables para el desayuno como el ziploc o la fiambra.

TRABAJAMOS CON materiales reutilizados



Los envases de plástico vacíos, las cajas de cartón y los tapones de botellas son elementos con los que podemos construir manualidades muy divertidas. Siempre que puedas, reutiliza materiales para tus creaciones.

En el trabajo pasamos muchas horas del día. Es fácil reducir la cantidad de residuos que generamos

UTILIZA ELEMENTOS RECARGABLES



Una buena parte del material que utilizamos en la oficina puede ser recargable. Los bolígrafos y fluorescentes recargables, cartuchos de impresora, etc. alargan la vida útil de los productos y generan menos residuos.

HAZ SERVIR VASOS REUTILIZABLES



Es habitual tomar café, agua o cualquier otra bebida mientras trabajamos. Hay que evitar la utilización de vasos de un solo uso que se convierten en residuos

UTILIZA PAPEL POR AMBAS CARAS



El papel es la fracción residual que más se genera en las oficinas, por ello se debe utilizar por ambas caras. Aprovecha las hojas impresas por una sola cara para hojas en bruto antes de tirarlos, e imprime a doble cara siempre que puedas.

EVITA IMPRIMIR Y desmaterializado LA INFORMACIÓN



Las nuevas tecnologías nos permiten digitalizar la información, y así evitar imprimirla y que el papel se convierta en un residuo. Es importante evitar imprimir documentos siempre que sea posible, y si lo hacemos hacerlo a doble cara.