

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIDAD DE POSGRADO

**Propuesta de un programa de gestión para mejorar el
manejo de los residuos sólidos en el distrito de
San Juan de Miraflores con respecto al ambiente, el
servicio de recojo y el comportamiento de la población**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Gestión de
Operaciones y Servicios Logísticos

AUTOR

Frederike Oldenhage

ASESOR

Edgar Cruz Ruiz Lizama

Lima – Perú

2016

Dedicatoria

Für meine Eltern, Petra und Friedrich-Wilhelm Oldenhage, die mich immer in meinem Leben unterstützen.

Para mis padres Petra y Friedrich-Wilhelm Oldenhage por su incondicional apoyo en mi vida.

Agradecimientos

A Avelino Venegas Velasquez y toda la familia Venegas Velasquez que me recibieron con mucho cariño en sus vidas y me apoyaron durante mis estudios. Además, agradezco a los docentes que me ayudaron a la culminación de la presente tesis: A mi asesor principal Mg. Edgar Cruz Ruiz Lizama, MBA Alejandro Gallegos Chocce, Dra. Rosa Delgadillo Avila y Mg. Carlos Antonio García Quirós.

Índice General

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Índice de Tablas.....	viii
Índice de Ilustraciones	x
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
INTRODUCCION.....	xiv
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Justificación de la Investigación	4
1.4. Objetivos de la Investigación	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes del Problema.....	7
2.2. Impacto Ambiental.....	9
2.2.1. Categorización de residuos	9
2.2.2. Tipos de recolección de residuos sólidos	12
2.2.3. Tipos de tratamiento de residuos	12
2.2.4. Principios generales de la gestión de residuos sólidos	16
2.2.5. Marco legal.....	17
2.2.6. Matriz de Leopold.....	25
2.3. Servicio de recojo	30

2.3.1. Metodología Seis Sigma.....	30
2.3.2. ¿Cómo se calcula los costos del servicio de recojo de basura? .	34
2.3.3. Investigación básica sobre el mejoramiento de rutas.....	37
2.3.4. Cálculo de distancias.....	47
2.4. Conducta humana sostenible	47
2.4.1. Historia de la educación ambiental formal.....	49
2.4.2. Historia de la educación ambiental informal	49
2.4.3. Teoría de las ventanas rotas	51
2.4.4. Las cinco dimensiones de Hofstede	51
2.4.5. Cobranza por el servicio de basura al nivel mundial	56
2.5. Glosario	60
III. HIPÒTESIS Y VARIABLES.....	62
3.1. Hipótesis general.....	62
3.2. Hipótesis específicas	62
3.3. Identificación de variables	62
3.4. Operacionalización de variables.....	63
3.5. Matriz de consistencia	63
IV. METODOLOGÌA.....	64
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	64
4.2. Unidad de análisis	65
4.3. Población de estudio	65
4.4. Tamaño de muestra.....	65
4.5. Selección de muestra	65
4.6. Técnicas de recolección de datos.....	65
4.7. Análisis e interpretación de la información	66
V. SOLUCIÓN PROPUESTA.....	67
5.1. Información básica de SJM	67

5.2. Impacto ambiental	70
5.2.1. Generación de residuos sólidos	70
5.2.2. Problemas con respecto al impacto ambiental	74
5.2.3. Principales efectos de los problemas ambientales	76
5.2.4. Propuesta de mejora	80
5.3. Gestión del servicio de recojo.....	95
5.3.1. Mapa de proceso.....	95
5.3.2. AMEF del servicio de recojo.....	97
5.3.3. Ishikawa del servicio de recojo.....	98
5.3.4. Determinación de los factores influyentes	101
5.3.5. Análisis de los datos con Minitab	118
5.3.6. Mejorar el servicio de recojo.....	129
5.4. Manejo responsable y sostenible de desechos	146
5.4.1. Problemas relacionados a la conducta de la población.....	146
5.4.2. Cultura actual según Hofstede	156
5.4.3. Plan de acción.....	159
5.5. Programa de gestión	166
VI. PRESUPUESTO	169
VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	172
CONCLUSIONES	176
RECOMENDACIONES.....	177
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	178
VII. ANEXO.....	184
Anexo 1: Matriz de consistencia	184
Anexo 2: AMEF	185
Anexo 3: Tabla llenado por los choferes para levantar los datos.	187
Anexo 4: Datos de Campo.....	188

Anexo 5: Pesaje de los camiones de basura en enero 2015.....	189
Anexo 6: Resumen de las dimensiones culturales de Hofstede	191

Índice de Tablas

Tabla 1: Resumen de leyes importantes.....	20
Tabla 2: Modelo de la matriz de Leopold.....	26
Tabla 3: Escala de magnitud.....	27
Tabla 4: Escala de importancia.....	27
Tabla 5: Escala de criterios de la matriz modificada de Leopold	28
Tabla 6: Modelo de la matriz modificada de Leopold.....	29
Tabla 7: Clasificación de rangos para impactos negativos	29
Tabla 8: Clasificación de rangos para impactos positivos.....	29
Tabla 9: Rangos de la severidad	32
Tabla 10: Rangos de la ocurrencia.	33
Tabla 11: Rangos de la detectibilidad	33
Tabla 12: Tipos de costos en el MTC	36
Tabla 13: Resumen de los diferentes tipos de VRPs.....	41
Tabla 14: Población de SJM por edades y zonas en 2008.....	68
Tabla 15: Nivel educativo de la población.....	68
Tabla 16: Tipo de abastecimiento de agua en SJM en 2008	69
Tabla 17: Tipo de servicios higiénicos en SJM.	69
Tabla 18: Abastecimiento del servicio eléctrico en SJM	70
Tabla 19: Costos de Transporte y disposición final Rambell	74
Tabla 20: Matriz de Leopold	78
Tabla 21: Determinación de impactos.....	79
Tabla 22: Proyecto 1, capacitación del personal administrativo.....	82
Tabla 23: Proyecto 2, separación de residuos sólidos domésticos.....	84
Tabla 24: Proyecto 3, compostaje de los desechos orgánicos	88
Tabla 25: Mejoras en el transporte y deposición de desechos inorgánicos..	93
Tabla 26: Datos claves para el proceso de análisis del servicio de recojo..	102
Tabla 27: Coordenadas de los puntos clave 1-10.....	104
Tabla 28: Costos directos del servicio de recojo en marzo 2015.....	107
Tabla 29: Costos directos del servicio de recojo en septiembre 2015	107
Tabla 30: Costos pendientes de la distancia recorrida del camión	108
Tabla 31: Primer avance de los datos claves para el proceso de análisis.	109
Tabla 32: Segundo avance de los datos claves para el proceso de análisis	111

Tabla 33: El personal de Limpieza Pública de SJM – datos absolutos	112
Tabla 34: El personal de Limpieza Pública de SJM - datos relativos.....	112
Tabla 35: Vestimenta obligatoria para servicio de recolección	114
Tabla 36: Tercer avance de los datos claves para el proceso de análisis.	116
Tabla 37: Cuarto avance de los datos claves para el proceso de análisis.	117
Tabla 38: Datos claves para el proceso de análisis de recojo	118
Tabla 39: Plan de mejorar para el factor personal.	138
Tabla 40: Datos para el análisis de la mejora	143
Tabla 41: Desarrollo socioeconómico en SJM.....	150
Tabla 42: Plan de acción para el mejoramiento de la conducta del pueblo	160
Tabla 43: Presupuesto en Nuevos Soles.....	171
Tabla 44: Cronograma de las actividades del programa de gestión	173
Tabla 45: Matriz de consistencia.....	184
Tabla 46 AMEF del servicio de recojo	185
Tabla 47: Hoja de datos entregada a los choferes de las rutas 1 y 2.	187
Tabla 48: Datos de campo.	188
Tabla 49: Pesaje de los camiones de basura en enero 2015	189
Tabla 50: Resumen de las dimensiones culturales de Hofstede.....	191

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Ciclo de vida de residuos sólidos domiciliarios en SJM.....	3
Ilustración 2: Rellenos sanitarios según tratamiento.....	13
Ilustración 3: Balance de materia de una planta de incineración	14
Ilustración 4: Círculo de compostaje	15
Ilustración 5: Principio de minimización.	16
Ilustración 6: Número de artículos publicados de Seis Sigma.	30
Ilustración 7: Modelo de costos simplificado para el servicio de recojo	34
Ilustración 8: Esquema más detallado del cálculo de costos	35
Ilustración 9: Problema base del VRP	39
Ilustración 10: Posible Solución de un VRP	39
Ilustración 11: Posible solución de un ARP	40
Ilustración 12: Categorías de métodos de soluciones de VRPs.....	44
Ilustración 13: Resumen de la Búsqueda Tabú	46
Ilustración 14: 5 dimensiones de Hofstede	55
Ilustración 15: Diseño de la investigación de las hipótesis 1 y 3.....	64
Ilustración 16: Diseño de la investigación de la hipótesis 2.	64
Ilustración 17: Composición física promedio de los residuos en SJM 2004. 72	
Ilustración 18: Composición física promedio de los residuos en SJM 2015. 73	
Ilustración 19 Mapa del proceso de recojo de desechos	96
Ilustración 20: Ishikawa del servicio de recojo	100
Ilustración 21: Ruta 1, marzo 2015	103
Ilustración 22: Ruta 2, septiembre 2015	105
Ilustración 23: Ruta de recolección según la Municipalidad de SJM.....	106
Ilustración 24: Ayudantes recogiendo basura sin vestimenta apropiada.. .	115
Ilustración 25: Prueba de normalidad de la ruta	120
Ilustración 26: Gráfica de caja de Eficiencia negativa.....	120
Ilustración 27: Resultado de la prueba t2 de la ruta.....	121
Ilustración 28: Resultado del Anova del factor ruta.....	122
Ilustración 29: Prueba de normalidad del factor humano.....	123
Ilustración 30: Intervalos de eficiencia negativa y el factor humano	124
Ilustración 31: Resultado del Anova del factor humano.....	125
Ilustración 32: Prueba de normalidad del factor del personal.. ..	126

Ilustración 33: Gráfica de intervalos del factor personal.	127
Ilustración 34: Resultado del Anova del factor del personal	128
Ilustración 35: Ruta mejorada	130
Ilustración 36: Cambio de ruta por tardanza en sacar la basura.....	131
Ilustración 37: Ejemplo de una canasta para guardar basura	134
Ilustración 38: Prueba de normalidad de las mejoras	144
Ilustración 39: Gráfica de caja de Eficiencia negativa.....	144
Ilustración 40: Resultado de la prueba t2 de las mejoras.	145
Ilustración 41: Resultado del Anova de las mejoras	146
Ilustración 42: Los 10 distritos más poblados de Lima metropolitana	148
Ilustración 43: Generación de desechos según nivel socioeconómico.	149
Ilustración 44: Tipo de residuos sólidos según nivel socioeconómico	150
Ilustración 45: Tasa de morosidad del pago de arbitrios en SJM en 2008.	155
Ilustración 46: 5 dimensiones de Hofstede: Perú y Alemania	157
Ilustración 47: Programa de gestión para mejorar el manejo de desechos.	168

Resumen

El objetivo del trabajo presente es proponer un programa de gestión de manejo de residuos sólidos residenciales en un distrito de Lima metropolitana con serios problemas de limpieza pública con el ejemplo de San Juan de Miraflores. Los problemas principales son resumidos en tres categorías: un trato inadecuado de los desechos con respecto al ambiente, el servicio de recojo insuficiente y una cultura de manejo de los residuos sólidos irresponsable y no sostenible.

Para mejorar estos puntos, se analizó la situación actual con datos que se levantaron a través de un trabajo de campo e informes de la misma municipalidad y otras instituciones. Se disminuirá el impacto ambiental negativo separando los desechos y reciclándolos en vez de botarlos sin tratamiento. Además, se identifica con métodos estadísticos los tres factores con más influencia en el servicio de recojo y se los mejorará con propuestas concretas. Para crear una consciencia y un control social que asegure un manejo responsable y sostenible de los desechos domiciliarios se elaborará un plan de acción.

Juntando estos tres enfoques, se genera un programa de gestión integral y detallado que ofrece soluciones concretas y viables para combatir los problemas de los desechos sólidos en San Juan de Miraflores.

Palabras clave

Programa de gestión, residuos sólidos, servicio de recojo, impacto ambiental

Abstract

The objective of this thesis is to propose a program for the management of residential waste in a district of urban Lima having serious problems of public cleaning using the example of San Juan de Miraflores. The main problems are summarized in three categories: The environmentally inadequate handling of residential waste, the insufficient waste collection service and an irresponsible and not sustainable handling of solid waste.

In order to improve these points, the current situation is analyzed with data gained by field work and reports of the local government itself and other institutions. The negative environmental impact will be decreased separating the garbage and recycle them instead of discarding it without any treatment. Moreover, statistical methods are used to identify the three most important factors concerning the waste collection and they will be improved by concrete proposals. In order to create a consciousness and social control which assure a responsible and sustainable handling of the domestic waste, a plan of action is elaborated.

Combining these three approaches an integral and detailed management program is generated offering concrete and viable solutions to fight the solid waste problems in San Juan de Miraflores.

Keywords

Management program, domestic waste, collection service, environmental impact

INTRODUCCION

En el año 2015 se generó tanta basura como nunca antes en San Juan de Miraflores: 79,952,652 kilogramos de desechos. Esto significa que el departamento de la Limpieza Pública de dicho distrito tuvo que recoger, transportar y deshacer 222,091 kilogramos de residuos sólidos diariamente¹. Esta tarea implica un gran esfuerzo de organización y gestión que actualmente no se está realizando a un nivel adecuado. Las consecuencias son malos olores, enfermedades y una baja calidad de vida de los habitantes de San Juan de Miraflores.

Estos problemas se pueden resolver con un programa de gestión usando la idea “la ciudad más limpia es la que menos se ensucia”. La implementación de este programa ayuda a brindar un servicio de recojo de calidad, cuidar el ambiente y ofrecer una mejor vida a los vecinos de San Juan de Miraflores.

¹ Perú b 2015, pp. 4-5 & p. 18.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación Problemática

La población del distrito de San Juan de Miraflores (SJM) ha crecido rápidamente en los últimos 30 años. En 1981 vivieron 165,754 habitantes en SJM y en el año 2007 el Censo Nacional contó 362,634 habitantes². Junto con el número de habitantes también crece la cantidad de desechos sólidos domésticos y la necesidad de una buena gestión de los mismos. Actualmente el distrito enfrenta problemas de un ambiente no saludable. Una de las enfermedades más comunes son problemas respiratorios que representan 24% de todas las enfermedades en el distrito³. Una causa es la gestión deficiente de la limpieza pública: No se recoge todos los desechos. Esto causa malos olores y atrae insectos y ratas. Además, la población quema los desechos que no se recoge y por falta de separación de la basura, también se quema desechos que generan gases tóxicos. Otro problema es el incumplimiento de las leyes con respecto al cuidado del ambiente. Según el artículo No. 119.1 de la Ley General del Ambiente – Ley No. 28611 (13.10.2005) y el artículo 9. – Disposiciones generales de manejo del Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos – Ley No. 27314, Decreto Supremo No. 057-2004-PCM (22.07.2004) la municipalidad distrital es responsable de una gestión sanitaria de los desechos, ambientalmente adecuada y de una manera que previene impactos negativos y protege la salud. Ya que los desechos generados en SJM actualmente no reciben ningún tratamiento sino son enterrados en la tierra, se causan graves problemas ambientales como la contaminación del suelo. Hoy en día tampoco existe una cultura general de manejo sostenible de la basura dentro de la población. Se observa muy frecuentemente que los mismos vecinos botan papel u otros desechos en las calles por donde pasan todos los días y así generan y al mismo tiempo sufren de una calidad de vida muy limitada.

Estos problemas son actuales y de gran importancia no solo para los mismos habitantes de SJM sino para la humanidad en general ya que se ha entendido

² Perú c 2015, p. 14.

³ Perú b 2015, p. 8.

hace décadas, que el cuidado del ambiente es un reto global. El cambio climático es una realidad que enfrenta toda la tierra y hay que combatirlo en cualquier lado del mundo aunque las acciones parecen en comparación pequeñas e insignificantes⁴. Además, las soluciones que se propone en este trabajo también sirven a distritos que enfrentan problemas similares.

Para solucionar estos problemas, se elabora un programa de gestión efectivo y eficaz para el manejo de los residuos sólidos en SJM. La Ilustración 1 resume el ciclo de vida de los desechos. Éste se divide en tres pasos:

- 1) La generación y preparación de desechos que realizan personas naturales, es decir los habitantes de SJM.
- 2) El recojo de los desechos que es realizado por la Municipalidad de SJM.
- 3) La deposición que también es realizado por la Municipalidad de SJM.

El programa de gestión propuesto es dividido según este ciclo de vida en las problemáticas del Impacto Ambiental que ocurre principalmente en la deposición final y en la generación, el Servicio de Recojo que corresponde al segundo paso de ciclo de vida de los desechos y la Cultura de Manejo de los Desechos que mejora los problemas encontrados en el primer paso de la generación y preparación de los residuos sólidos.

Durante de la elaboración del programa de gestión se ha tomado en cuenta la viabilidad del programa. Los encargados municipales de la gestión anterior ya han reconocido la necesidad de acciones inmediatas y declaran el punto “atender el tema de la limpieza pública” como uno de cinco asuntos urgentes en su informe sobre la gestión de los años 2011-2014⁵. También, se cuenta con la disposición de los ciudadanos. En campañas realizadas anteriormente, se observó una participación ciudadana y la existencia de una cultura de trabajo organizado⁶.

⁴ Novo 1996, pp. 79-80.

⁵ Perú b 2014, p. 3.

⁶ Perú b 2004, p. 23.

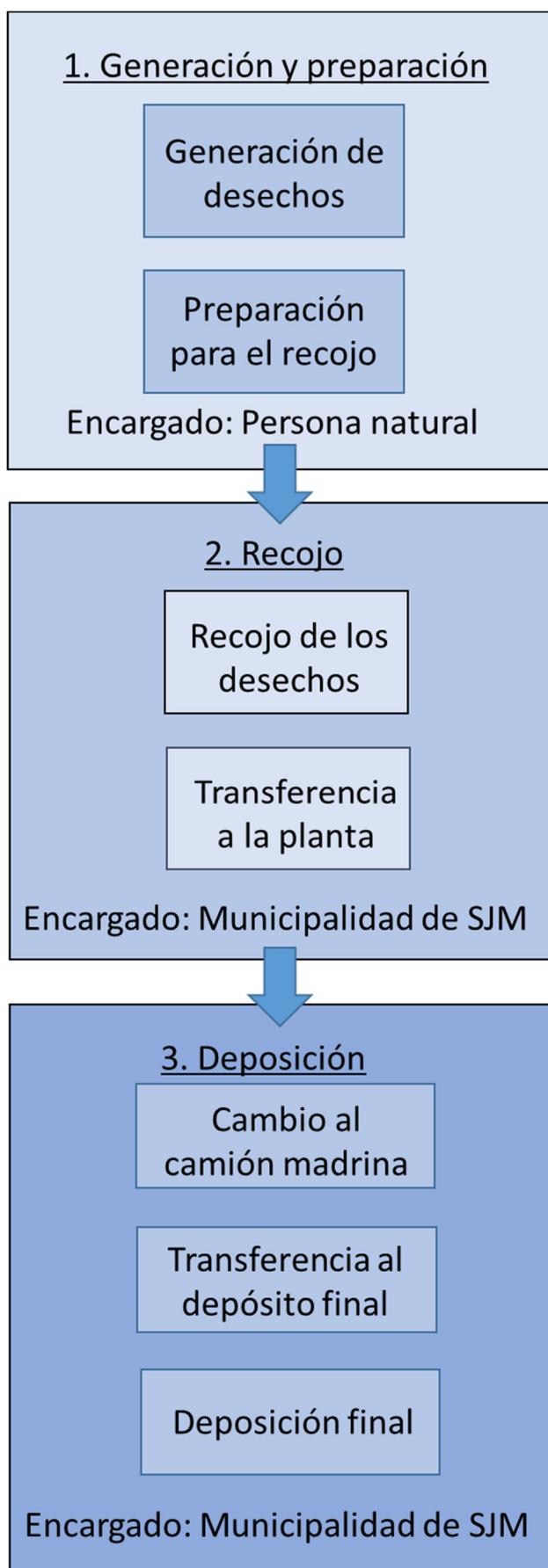


Ilustración 1: Ciclo de vida de residuos sólidos domiciliarios en SJM. Fuente. Elaboración propia.

Además, se cuidó el aspecto económico. Los proyectos de mejora cuentan en su mayoría con un presupuesto que no pasa de los 10,000.00 Nuevos Soles y al mismo tiempo se propone varias posibilidades para ahorrar dinero tanto al corto como al largo plazo. También, se presenta maneras de mejorar la cuota de los pagadores que cumplen con los impuestos porque SJM enfrenta una alta tasa de morosidad del pago de la tasa correspondiente al servicio de Limpieza Pública que afecta seriamente el presupuesto.

En resumen, se va a analizar la situación actual en SJM, reconocer los problemas, sus causas principales y proponer soluciones concretas, viables y de gran interés para SJM y otros distritos similares.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo se puede mejorar en el distrito de SJM el manejo de los residuos sólidos con respecto al ambiente, el recojo y el comportamiento de la población?

1.2.2. Problemas específicos

P1 ¿Es el manejo de los residuos sólidos en SJM inadecuado con respecto al ambiente?

P2 ¿Cómo se puede mejorar el servicio insuficiente de recojo de residuos sólidos residenciales en SJM?

P3 ¿La población de SJM no es suficientemente sensibilizada para el problema del manejo de desechos?

1.3. Justificación de la Investigación

La investigación del trabajo presente tiene un gran valor tanto práctico como teórico. El programa de gestión elaborado ofrece soluciones para una vida más saludable y de mejor calidad. Si la gestión de los desechos es más eficiente y eficaz, habrá menos insectos, ratas, malos olores y gases tóxicos en el distrito que significa menos enfermedades. Además, la calidad de la vida

en SJM mejorará ya que las calles estarán más limpias y ordenadas. A parte de esto, la criminalidad también bajará en un ambiente mejor cuidado según la teoría de las ventanas rotas⁷. Otros logros de esta investigación serán ahorros al largo plazo en el servicio de limpieza tanto para la municipalidad como para el ciudadano a través de una menor generación de residuos sólidos⁸, un recojo de desechos mejorado y soluciones de tratamiento propias como un centro de compostaje. Otro punto importante será el mayor cuidado del ambiente reciclando los desechos y dándoles un tratamiento en vez de enterrarlos y contaminar la naturaleza. Además, en el punto VI. PRESUPUESTO se observa que el programa de gestión es financiable con un pago único de 6.53 Nuevos Soles por habitante de SJM. Gracias a este costo muy bajo, el programa es fácilmente viable.

El valor teórico consiste en la posibilidad de aplicar el conocimiento ganado y el programa de gestión elaborado a otros distritos en condiciones similares tanto en Lima como en todo el mundo.

Los beneficiarios de los resultados del presente trabajo serán la municipalidad, los habitantes de SJM e indirectamente cualquier ser vivo. Las ventajas de la municipalidad son menores gastos al largo plazo, personal más motivado y efectivo y mayor éxito en sus servicios. Los habitantes de SJM disfrutarán de una mejor calidad de vida, menos enfermedades y un ahorro indirecto por menores gastos del servicio de limpieza. Además, una menor polución del ambiente beneficia a cualquier persona, animal y planta ya que esto combate el cambio climático⁹.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo general

Proponer un programa de gestión de manejo de residuos sólidos residenciales en SJM con el fin de disminuir el impacto ambiental, mejorar el servicio de recojo y sensibilizar la población.

⁷ Wilson & Kelling 1982, p. 31.

⁸ Perú 2008, p. 9.

⁹ Novo 1996, pp. 77-79.

1.4.2. Objetivos específicos

O1 Evaluar los impactos ambientales significativos del manejo de los residuos sólidos y sugerir acciones para reducir el impacto ambiental.

O2 Analizar el servicio de recojo, determinar sus factores influyentes y proponer acciones para mejorar el servicio.

O3 Analizar los problemas presentes con respecto a la conducta de la población y elaborar un plan de acción para sensibilizar la población para el manejo responsable y sostenible de desechos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

Dentro de la revisión de literatura se ha encontrado algunas investigaciones con la misma situación problemática pero con enfoques diferentes. Sin embargo, se va a presentar algunos de estos trabajos para ilustrar mejor los antecedentes del problema presente:

1) El sistema de gestión ambiental local en el distrito de San Borja

- Tipo de trabajo: Tesis para optar el grado de Magíster en Desarrollo Ambiental.
- Autor: Deyssi del Rosario Inga Méndez.
- Institución: Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima, Perú.
- Población: Distrito de San Borja.
- Tipo de investigación: Descriptiva y explicativa.
- Conclusiones:
 - La gobernanza ambiental de San Borja que se ha investigado no refleja la totalidad del distrito debido a la falta de participación de todos los actores.
 - San Borja no ha logrado involucrar sosteniblemente a los vecinos en el cuidado del ambiente.
 - Existen condiciones sociales que hacen una mejora del sistema de gestión del distrito posible y se debe aprovechar para desarrollar acciones sostenibles.

2) Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cerete – Cordoba

- Tipo de trabajo: Trabajo para optar para el título de Magistra en Gestión ambiental.
- Autor: Natalia Clelia López Rivera.
- Institución: Pontificia Universidad Javeriana – Bogotá, Colombia.
- Población: Vendedores (as), compradores (as), director de la empresa de aseo, administrador de la plaza, aseadores de la empresa de aseo de la plaza de mercado de Cerete.
- Tipo de investigación: Explicativa.

- Conclusiones:
 - La problemática de un manejo insuficiente de los residuos sólidos es relacionada con malas prácticas de separación en la fuente, deficiencia en el almacenamiento en las fuentes de generación de los residuos sólidos, educación ambiental y en el desconocimiento para el aprovechamiento de los residuos; todo esto intrínseco en el ámbito cultural.
 - Incumplimiento legal de varios ordenes nacionales con respecto a los residuos sólidos.
 - Al aplicar distintas metodologías se confirmó la existencia de impactos ambientales a través del manejo inadecuado de los desechos dentro del mercado.

3) Modelo de gestión integral de rellenos sanitarios manuales, para poblaciones entre 15.000 y 30.000 habitantes en el Ecuador.

- Tipo de trabajo: Tesis para optar para el título de Magíster en Gestión Ambiental.
- Autor: Nelson A. Benavides Obando.
- Institución: Universidad Internacional SEK – Quito, Ecuador.
- Población: Poblaciones ecuatorianas con 15.000-30.000 habitantes.
- Tipo de investigación: Descriptiva y explicativa.
- Conclusiones:
 - El almacenamiento de los desechos se realiza según el buen criterio del usuario del servicio de aseo urbano, originando tiempos muertos en el proceso de recolección de residuos sólidos. En gran medida, la recolección de residuos sólidos se realiza de manera indiscriminada, mezclando los distintos tipos de residuos en un solo vehículo de recolección.
 - En la práctica, ninguna ciudad ha elaborado un plan director de residuos sólidos con enfoques de desarrollo

- urbano, que incluye el uso de tecnologías adecuadas para atender a sectores con características específicas.
- Es importante ingresar el proyecto, al proceso de evaluación de impacto ambiental.
 - Las medidas que se proponen en el Plan de Manejo Ambiental como consecuencia de la evaluación ambiental van a facilitar a los responsables directos de la Gestión Ambiental del relleno sanitario, la ejecución de acciones ambientalmente viables, de manera que el proyecto no revierta ningún riesgo hacia el ambiente o a la salud de quienes viven o desarrollan sus actividades en su área de influencia.

2.2. Impacto Ambiental

El cambio climático avanza desde 1990 cada año más rápido. Ante este fenómeno la sensibilidad de la población ante la protección ambiental ha crecido al nivel mundial. Desde la primera reunión con el fin de la protección ambiental en Estocolmo en 1972 tanto gobiernos como diferentes organizaciones e instituciones han creado varias conferencias para buscar soluciones y combatir la contaminación ambiental¹⁰. Frente a estos problemas, se provee el marco teórico para poder analizar el impacto de los residuos sólidos al ambiente y a las personas.

2.2.1. Categorización de residuos

Residuos sólidos se definen según Glynn y Heinke (1991) como “aquellos desperdicios que no son transportados por agua y han sido rechazados porque ya no se van a utilizar”. Los residuos pueden ser clasificados por su estado, composición física, origen y tipo de manejo.

¹⁰ Del Rosario Inga Méndez 2013, p. 6.

El estado tiene las tres categorías¹¹:

- 1) Sólido
- 2) Líquido
- 3) Gaseoso

La composición física tiene dos categorías¹²:

1) Orgánicos

Los residuos orgánicos son todos aquellos que provienen de la flora o fauna y tienen un proceso biológico natural de descomposición.

2) Inorgánicos

Los residuos orgánicos son todos aquellos que provienen de fuentes minerales y no se descomponen naturalmente.

Otra manera de clasificar es la clasificación según origen. Con origen uno se refiere a las personas/empresas/instituciones/entidades que generan los residuos sólidos¹³:

1) Residenciales o domésticos

Se caracteriza por un alto porcentaje de residuos orgánicos. Su cantidad, composición, volumen y naturaleza son determinadas por la vida cotidiana de los seres humanos.

2) Comerciales

Se caracteriza por un alto porcentaje de papeles y cartón causado por mercadería empacada. Los desechos son generados por negocios y establecimientos comerciales. Dentro de la categoría de desechos originados por comercio también se encuentran los dos grupos de:

a) Comerciales de alimentos

Aunque pertenece al grupo de comerciales que se caracteriza por un alto porcentaje de papeles y cartón, los desechos de comerciales de alimentos son en primer lugar orgánicos y provienen clásicamente de restaurantes, cafeterías y hoteles.

¹¹ Glynn & Heinke 1991, p. 37.

¹² Lopez Riviera 2009, p. 37.

¹³ Collazos 1997, p. 385 & Lopez Riviera 2009, pp. 37-38.

b) Plazas de mercado

Parecido a comerciales de alimentos, las plazas de mercado generan un alto porcentaje de desechos orgánicos, típicamente por cáscaras, hojas y mercadería malograda.

3) Industriales

Fábricas, plantas y negocios industriales generan desechos industriales como resultado de sus actividades comerciales, mayormente en el proceso de producción. La composición no es uniforme y depende mucho del rubro de la empresa.

4) Institucional

Se caracterizan por un alto porcentaje de residuos orgánicos, papel y cartón. Normalmente son generados por establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreas, terrestres, fluviales o marítimos y edificaciones destinadas a oficinas.

5) Especiales

Son caracterizados por un alto porcentaje de cartón y papel. Residuos especiales son generados en eventos de masas como espectáculos, ferias, conciertos o eventos deportivos.

6) Barrido de calles

Son caracterizados por un alto porcentaje de material inerte y papel. Los desechos son generados por el aseo de las calles.

7) Lugares Públicos

Son caracterizados por un alto porcentaje de papel y cartón. Los residuos de lugares públicos se encuentran en parques, zonas de recreo y plazas.

La categoría de tipo de manejo se divide en dos grupos:

1) Residuos peligrosos

Son residuos que implican un peligro o un efecto dañino directo para la salud de personas o animales o afectan de manera negativa el ambiente.

2) Residuos inertes

Residuos que no afectan ni personas ni animales ni el ambiente de forma negativa y son estables en el tiempo¹⁴.

2.2.2. Tipos de recolección de residuos sólidos

Tanto como hay diferentes categorías de desechos, también hay diferentes maneras de recolección de residuos. En el Perú actualmente hay dos tipos distintos de recolección de residuos sólidos residenciales:

1) Recolección puerta a puerta

Cada familia o edificio tiene sus propios contenedores para los residuos sólidos. Estos son normalmente bolsas de plástico o basureros más grandes como baldes. El camión pasa con una frecuencia establecida por cada edificio y bota las bolsas o vacía los contenedores en el camión basurero.

2) Recolección con contenedores

Contenedores con una capacidad mayor a 1m³ son colocados estratégicamente en la zona residencial. Los vecinos botan su basura en los contenedores más cercanos. El camión no pasa por cada edificio sino recoge los desechos en los puntos clave de los contenedores¹⁵.

En otros países, como en los Estados Unidos o Alemania también existe otra modalidad de recojo. Cada edificio tiene uno o más contenedores estandarizados que puede ser recogido por un camión con un brazo mecánico especializado. Así, los ayudantes de los camiones no levantan los contenedores pequeños y las bolsas manualmente sino solamente colocan los contenedores de la manera correcta para que el brazo mecánico pueda agarrarlos.

2.2.3. Tipos de tratamiento de residuos

Benavides Obando (2007) clasifica los rellenos sólidos según la cantidad de basura que puede procesar:

¹⁴ Lopez Rivera 2009, pp. 36-38.

¹⁵ Perú 2008, p. 12.

1) Relleno sanitario mecanizado

Adecuado para poblaciones grandes que producen más que 40 toneladas de desechos por día.

2) Relleno sanitario semicontrolado

Adecuado para 16 - 40 toneladas por día. Se recomienda una combinación de maquinaria pesada y automatizada y trabajo manual.

3) Relleno sanitario manual

Adecuado para comunidades que producen menos que 15 toneladas diariamente. No es necesario adquirir maquinaria pesada que significa una ventaja económica¹⁶.

Otra posibilidad de clasificar los rellenos sanitarios es según el tratamiento que se usa para los desechos. En la Ilustración 2 se puede apreciar las tres opciones más comunes.

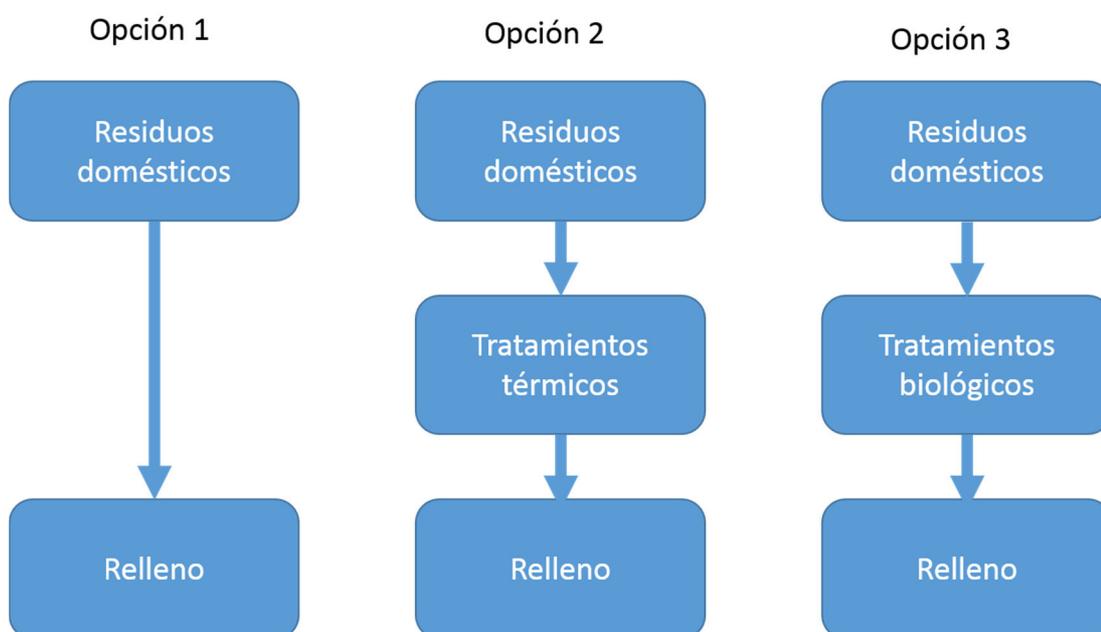


Ilustración 2: Rellenos sanitarios según tratamiento. Fuente. Perú 2008, p. 20.

En la opción 1 no se hace ningún tipo de tratamiento y manda todos los desechos directamente al relleno sanitario. En este caso no se reduce la contaminación de los residuos.

¹⁶ Benavides Obando 2007, pp. 39-40.

En el caso de las opciones 2 y 3 el nivel de contaminación baja considerablemente. Si los residuos tienen un potencial térmico importante (PCI) mayor a 1700 kcal/kg se usa normalmente el tratamiento térmico que puede ser dividido en la incineración o la pirolisis que también se llama termólisis:

1) Incineración

Antes de empezar con el proceso de incineración, se requiere una separación mecánica de los residuos con un PCI mayor a 1600 kcal/kg de los residuos orgánicos que tienen un PCI menor que 1600 kcal/kg. El balance de material de una planta típica de incineración se puede observar en la Ilustración 3. Solo 50% de los desechos van al relleno mientras se puede reusar un 47%. También, se genera un 3% de desechos peligrosos que tienen que ser guardados en un relleno especial para desechos peligrosos.

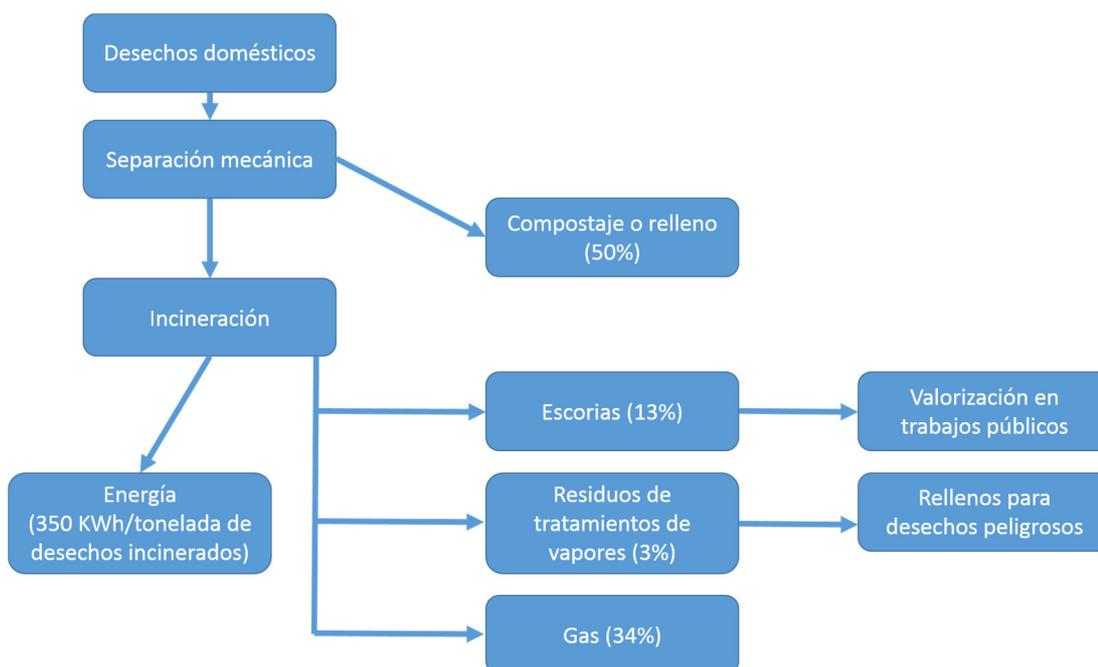


Ilustración 3: Balance de materia de una planta de incineración. Fuente. Perú 2008, p. 22.

2) La pirolisis – termólisis

Después de la separación mecánica se quema los desechos sin oxígeno. Este método todavía se usa muy poco al nivel mundial.

Además, la pirolisis significa una inversión muy alta y actualmente no es viable con la composición de la basura en Perú¹⁷.

La opción 3, el tratamiento biológico, se refiere al compostaje. El compostaje es un proceso que se basa en la degradación natural de desechos orgánicos por la acción de bacterias y microorganismos. Se distingue entre dos alternativas principales:

A) Tratamiento aeróbico

Degradación de material orgánico en la presencia de aire.

B) Tratamiento anaeróbico

Degradación de material orgánico en la ausencia de aire.

El compostaje se adapta bien a los desechos peruanos que consisten en un gran porcentaje de materia orgánica. La ventaja del compostaje es que es completamente natural y no necesita químicos adicionales.

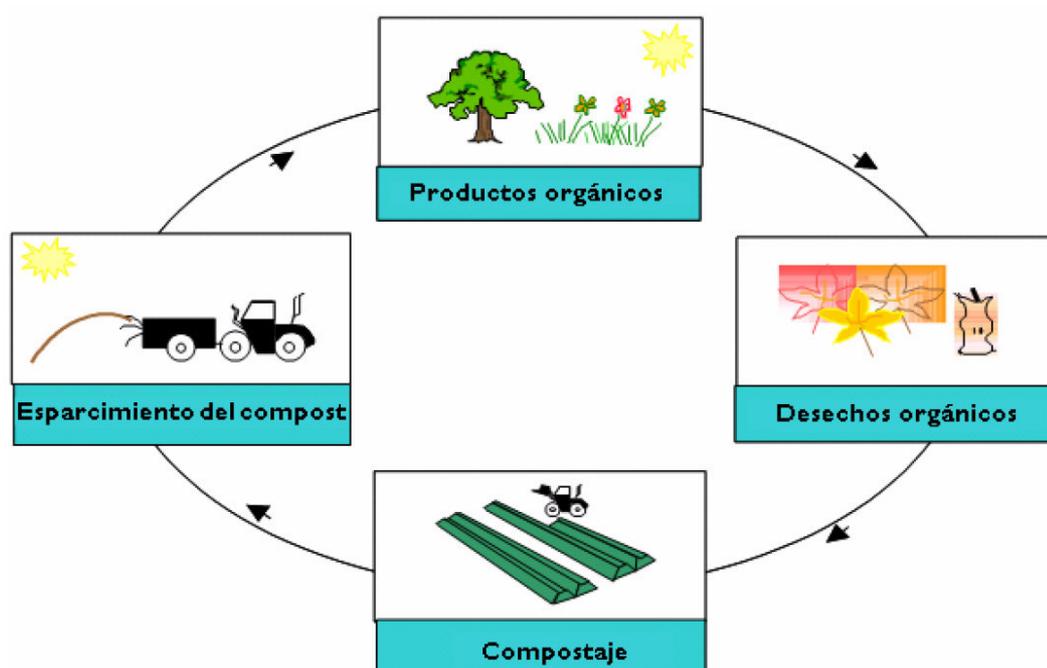


Ilustración 4: Ciclo de compostaje. Fuente. Perú 2008, p. 25.

La Ilustración 4 muestra el círculo de compostaje. Después del consumo del producto orgánico, se convierte en desechos. Se inicia el proceso de compostaje y el producto de este proceso puede ser usado como fertilizante

¹⁷ Perú 2008, pp. 20-23.

en la agricultura. Así crecen nuevas plantas y el círculo puede empezar de nuevo¹⁸.

2.2.4. Principios generales de la gestión de residuos sólidos

Se presenta dos principios importantes que son reconocidos al nivel mundial como la base para una gestión adecuada de residuos sólidos.

2.2.4.1. Principio de minimización

El principio de minimización declara que los mejores desechos son los desechos que no se produce. Se busca minimizar la generación de desechos en cada fase del ciclo de vida de un producto. En la Ilustración 5 se observa las cuatro fases y las medidas respectivas para evitar la generación de residuos.

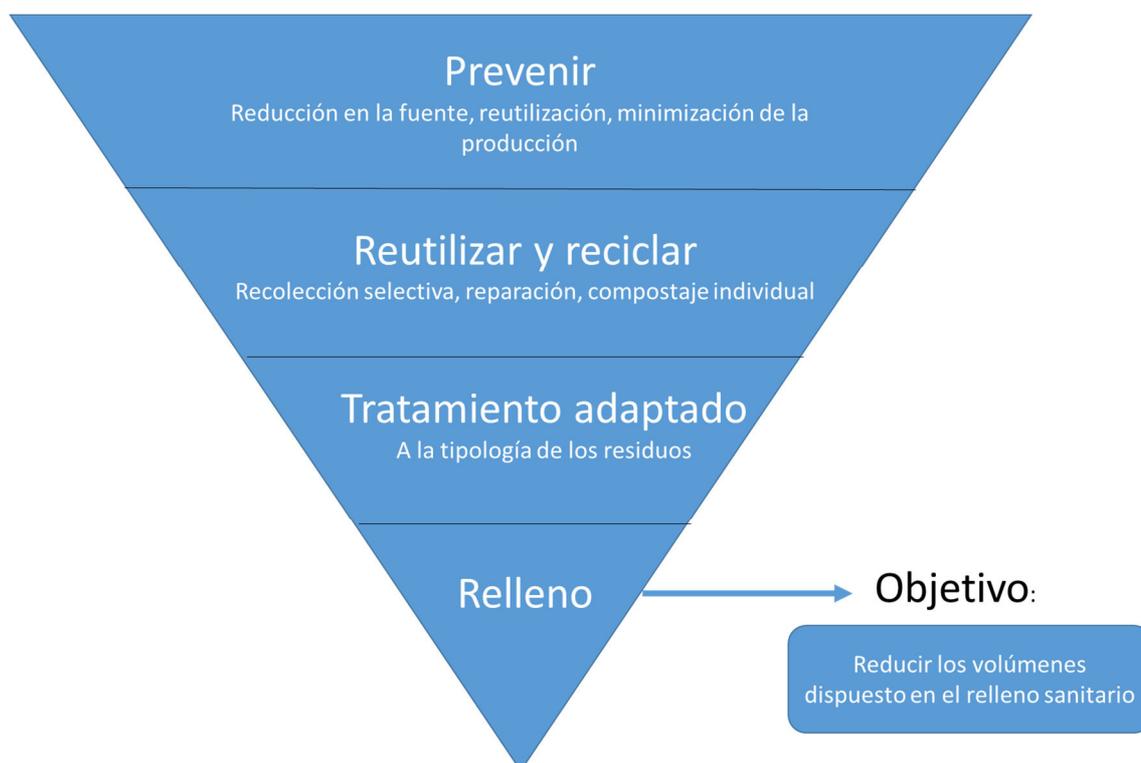


Ilustración 5: Principio de minimización. Fuente. Perú 2008, p. 9.

¹⁸ Perú 2008, pp. 25-26.

2.2.4.2. Principio contaminador-pagador

Este principio busca de cobrar a los generadores de los residuos sólidos que introducen los productos en el mercado. Actualmente ya se usa este principio en Europa, principalmente para los productores de desechos como:

- Embalajes
- Neumáticos
- Aceites usados
- Pilas y baterías
- Residuos electrónicos y eléctricos¹⁹

2.2.5. Marco legal

2.2.5.1. Historia del marco legal

En el siglo pasado el crecimiento industrial se multiplicó por 50, pero cuatro quintas partes de este crecimiento nacen después de los años 50²⁰. En este tiempo la crisis ambiental se hizo evidente y los estados empezaron a tomar diferentes medidas. En el Perú la preocupación se manifestó en los años 60 con la creación la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales²¹. Desde este tiempo, se prestó más atención al tema del derecho ambiental. Caillaux Zazzalli 2008 define como objetivo del derecho ambiental “regular las conductas humanas para prevenir que sus consecuencias modifiquen de manera sustancial las condiciones de existencia de los órganos vivos (...)”.

Sin embargo, había y todavía hay un lobby contra los derechos ambientales formado en primer lugar por empresas que suelen contaminar mucho la naturaleza como las mineras. Ellos argumentan que no hay pruebas científicas que comprueban la teoría de que la polución de la naturaleza afecta el ambiente en general y el cambio climático en especial. Sin embargo, en el marco legal del derecho ambiental se adaptó el principio precautorio que es derivado de una doctrina alemana. El principio precautorio declara que la falta

¹⁹ Perú 2008, p. 10.

²⁰ Iturregui Byrne 2008, p. 128.

²¹ Dulanto Tello 2013, p. 45.

de certeza científica sobre la posible existencia de un efecto negativo al ambiente no debería impedir tomar medidas para eliminar o reducir el daño²².

2.2.5.2. Sistema nacional de gestión ambiental

Según la ley No. 27314 – Ley General de Residuos Sólidos del año 2000 la gran mayoría de las competencias relevantes con respecto a residuos sólidos es asignada a los gobiernos locales²³. Para combatir las descoordinaciones, el sectorialismo y las ineficiencias que resultan de esta descentralización, se creó el Sistema Nacional para la Gestión Ambiental (SNGA), Ley No. 28245²⁴. Según la misma ley, el objetivo de la SNGA es “orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinadas a la protección del ambiente y contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos”. Para poder lograr este objetivo, la SNGA pide a los gobiernos locales que sustenten los principios siguientes:

- Aplicación de las políticas ambientales y articulación intersectorial.
- Evitar paralelismos, omisiones, vacíos de competencias.
- Descentralización de competencias, funciones y simplificación administrativa.
- Garantía al derecho de información ambiental, participación y concertación.
- Promoción de iniciativas voluntarias.
- Mecanismos alternativos para la resolución de conflictos y promoción de mecanismos de prevención y producción limpia.
- Aplicación del criterio de precaución, incentivos / sanciones, principio contaminador / pagador.
- Transparencia en la fiscalización y coherencia con el desarrollo sostenible.

²² Vera Esquivel 2006, p. 88.

²³ Dulanto Tello 2013, p. 115.

²⁴ Perú 2004, p. 18.

Los principios mencionados líneas arriba forman la base para las políticas ambientales. Para esto, se usa los instrumentos de gestión ambiental siguientes:

- Normas y estándares de calidad ambiental, criterios y metodologías.
- Evaluación de impacto ambiental y sistema de información ambiental.
- Mecanismos de participación e informes anuales.
- Directivas de gestión integradas.
- Estrategias ambientales y lineamientos de manejo marino – costero, ecosistemas andinos.
- Planes, programas, acciones y financiamiento²⁵.

2.2.5.3. Leyes relevantes

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las leyes relevantes en el Perú para la protección del ambiente con respecto al manejo de residuos sólidos.

²⁵ Perú 2004, p. 18.

<u>Normativa</u>	<u>Título</u>	<u>Concepto</u>
D.L.No 27314 (21.07.2000)	Ley General de Residuos Sólidos	La presente Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana. Esta Ley se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos. No están comprendidos, los residuos sólidos de naturaleza radiactiva, cuyo control es de competencia del Instituto Peruano de Energía Nuclear.
Resolución Ministerial No. 217- 2004/MINSA 16.03.2007	Aprueba la Norma Técnica No. 008-MINSA/DGSP- V.01, para el Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios	Esta norma técnica establece el manejo adecuado de los residuos sólidos hospitalarios, para prevenir riesgos sanitarios y ambientales, para el bienestar de la persona humana.

<p>Reglamento de Ordenanza No. 295-MML-D.A.No. 147-MMI 10.12.2001</p>	<p>Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos</p>	<p>El presente Reglamento establece los procedimientos técnicos y administrativos que se debe observar para el adecuado manejo de los residuos sólidos en la provincia de Lima, en cumplimiento de las disposiciones establecidas en la Ordenanza No. 295 Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos y en concordancia con la Ley No. 27314 – Ley General de Residuos Sólidos. Es de obligatorio cumplimiento para la Municipalidad Metropolitana de Lima y las Municipalidades Distritales de su Jurisdicción, y para los operadores de residuos sólidos que requieran operar dentro de su jurisdicción, aun cuando éstos tengan sus instalaciones o centros de operación fuera de la provincia.</p>
<p>Ley Orgánica de Municipalidades 27972 27.05.2003</p>	<p>Ley Orgánica de Municipalidades</p>	<p>Establece Normas sobre la creación, origen, naturaleza, autonomía, organización, finalidad, tipos, competencias; también la relación entre ellas y con los regímenes especiales de las municipalidades.</p>
<p>D.S.No. 057-2004-PCM 24.07.2004</p>	<p>Este Decreto aprueba el Reglamento de la Ley No. 27314 Ley General de Residuos Sólidos</p>	<p>El siguiente dispositivo reglamenta la Ley No. 27314, La Ley General de Residuos Sólidos, a fin de asegurar que la gestión y el manejo de los residuos sólidos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana.</p>

Tabla 1: Resumen de leyes importantes. Fuente. Perú a 2007, pp. 9-11.

En seguida se presenta algunos de los artículos más importantes de las leyes:

1. Ley que modifica la Ley General de Residuos Sólidos, Decreto Legislativo No. 1065 (27.07.2008).

1.1. Artículo No. 9. Del rol de los gobiernos regionales

Promueven la adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción (..). El gobierno regional debe asumir, en coordinación con la autoridad de salud de su jurisdicción y el Ministerio del Ambiente, o a pedido de cualquiera de dichas autoridades, según corresponda, la prestación de los servicios de residuos sólidos para complementar o suplir la acción en aquellas municipalidades provinciales o distritales que no puedan hacerse cargo de los mismos de forma adecuada, o que estén comprendidas en el ámbito de una declaratoria de emergencia sanitaria o ambiental. El costo de los servicios prestados deberá ser sufragado por la municipalidad correspondiente.

1.2. Décimo Quinta – Aspectos institucionales complementarios

El Ministerio del Ambiente o quien cumpla las funciones de Autoridad Nacional Designada aprobará los proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero relacionados al manejo de los residuos sólidos que se presentan en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.

2. Ley General del Ambiente – Ley No. 28611 (13.10.2005)

2.1. Artículo No. 93. Sujeción a la normatividad nacional y acuerdos internacionales

El internamiento y salida de residuos del territorio nacional, se ceñirá a lo dispuesto en la legislación vigente y a los acuerdos internacionales suscritos por el Perú. Tanto el internamiento como la salida, se entenderá como operaciones de importación y exportación, respectivamente. Se consideran como residuos sólidos comprendidos dentro del presente Título a los buques y además embarcaciones de bandera extranjera y aquellas

nacionalizadas, destinadas a actividades de desguace y desmantelamiento dentro del territorio nacional.

2.2. Artículo No. 119.1. Del manejo de los residuos sólidos.

La gestión de los residuos sólidos domésticos, comerciales o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales. Por ley se establece el régimen de gestión y manejo de los residuos sólidos municipales.

2.3. Artículo No. 119.2.

La gestión de los residuos sólidos distintos a los señalados en el párrafo precedente son de responsabilidad del generador hasta su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente:

1. Minimización y prevención de los impactos sociales y ambientales negativos, que se puedan originar por la construcción, operación y cierre.
2. Considerar los factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, entre otros.
3. Prevención de riesgos sanitarios y ambientales.
4. Preservación del patrimonio arqueológico, cultural y monumental de la zona.
5. Preservación de áreas naturales protegidas por el estado y conservación de los recursos naturales renovables.
6. Vulnerabilidad del área a desastres naturales.
7. Otros criterios o requisitos establecidos en este reglamento y normas que emanen de éste.

3. Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos – Ley No. 27314, Decreto Supremo No. 057-2004-PCM (22.07.2004)

3.1. Artículo 9. – Disposiciones generales de manejo

El manejo de los residuos que realiza toda persona deberá ser sanitaria y ambientalmente adecuado de manera tal de prevenir impactos negativos y asegurar la protección de la salud; con sujeción a los lineamientos de política establecidos en el artículo 4 de la ley. La prestación de servicios de residuos sólidos puede

ser realizada directamente por las municipalidades distritales y provinciales y así mismo a través de Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (...).

3.2. Artículo 23. – Planes provinciales

Las municipalidades provinciales formulan sus Planes Integrales Sólidos (PIGARS), con participación de la ciudadanía y en coordinación con la Autoridad de Salud y las autoridades competentes previstas en la Ley. Estos planes tienen por objetivo establecer las condiciones para residuos sólidos, asegurando una eficiente y eficaz prestación de los servicios ámbito de su competencia desde la generación hasta su disposición final.

4. Ley General de Salud – Ley No. 26842 (15.07.1997)

4.1. Artículo 103.

La protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que para preservar la salud de las personas, establece la Autoridad de Salud competente.

4.2. Artículo 104.

Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

5. Constitución Política del Perú (31.12.1993)

5.1. Artículo No. 2, inciso 22.

Toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute de tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

5.2. Artículo 14. Prohibición de descargar sustancias contaminantes.

Es prohibida la descarga de sustancias contaminantes que provoquen degradación de los ecosistemas o alteren la calidad del ambiente, sin adoptarse las precauciones para la

depuración. La autoridad competente se encargará de aplicar las medidas de control y muestreo para velar por el cumplimiento de esta disposición.

6. Código Penal – D.L. No. 635 (08.04.1991).

6.1. Artículo 304. – Contaminación del ambiente. Forma Culposa.

Él que, infringiendo las normas sobre protección del ambiente, lo contamina vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos, será reprimido con pena privativa de libertad, no menor de uno ni mayor de tres años o con ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días – multa (...).

6.2. Artículo 307. – Incumplimiento de normas sanitarias

El que deposita, comercializa o vierte desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados o sin cumplir con las normas sanitarias y de protección del ambiente, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de dos años (...) ²⁶.

2.2.6. Matriz de Leopold

Hay varios métodos que facilita la evaluación de impactos ambientales. Las técnicas más usadas en este contexto son las listas de revisión como la matriz de Leopold²⁷. Es un método cualitativo que asigna valores principalmente subjetivos a efectos ambientales. La Tabla 2 presenta un modelo de la matriz de Leopold. En las filas se anota los factores ambientales que son afectados por las acciones del proyecto / proceso en evaluación que se anota en las columnas. Cada uno de estos factores es dividido en uno o más ambiente/s genérico/s y el mismo número de indicadores.

²⁶ Perú 2008, pp. 48-54.

²⁷ Lopez Rivera 2009, p. 47.

Factores	Indicador		Acciones								Evaluaciones		
	Ambiental genérico	Indicador específico	X1		X2		X3		X4		Promedios positivos	Promedios negativos	Impacto por subcomponente
			Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia			
Y1	Ya	YI											
Y2	Yb	YII											
Y3	Yc	YIII											
Y4	Yd	YIV											
	Ye	YV											
Y5	Yf	YVI											

Tabla 2: Modelo de la matriz de Leopold. Fuente. Elaboración propia.

A cada uno de estos indicadores se asigna un valor de magnitud y de importancia de la influencia de la acción sobre el factor según las escalas de la Tabla 3 y la Tabla 4 respectivamente.

Magnitud	Valor
Muy baja magnitud	1
Baja magnitud	2
Mediana Magnitud	3
Alta Magnitud	4
Muy alta magnitud	5

Tabla 3: Escala de magnitud. Fuente. Elaboración propia.

Importancia	Valor
Sin importancia	1
Poco importante	2
Medianamente importante	3
Importante	4
Muy importante	5

Tabla 4: Escala de importancia. Fuente. Elaboración propia.

Los valores de la magnitud pueden ser tanto positivos en el caso de una influencia ventajosa como negativos en el caso de que la acción perjudica el ambiente, mientras los valores de importancia siempre son positivos. Como resultado se recibe un número que indica el impacto ambiental del factor. Así, uno sabe qué factor es el más perjudicado / mejorado y puede tomar acciones correctivas.

Para poder analizar los impactos ambientales con más precisión y detalles, se usa la matriz de Leopold modificada. En la matriz modificada se considera más criterios de evaluación que se presenta en la Tabla 5.

Criterio	Categoría	Definición	Valor
Extensión	Efecto local	Se manifiesta en el área ocupada por las facilidades del proyecto.	1
	Efecto amplio	Se manifiesta más allá del área ocupada por las instalaciones en tierra y de su entorno más próximo.	3
Sinergia	Efecto simple	Se manifiesta sobre un solo componente ambiental, y no induce efectos acumulativos ni sinérgicos.	1
	Efecto múltiple	Se manifiesta en varios componentes ambientales a la vez.	3
Persistencia	Efecto temporal	Alteración limitada al corto plazo (1 año o menos).	1
	Efecto de mediano plazo	Alteración prolongada durante el mediano plazo (aprox. 1-5 años).	2
	Efecto permanente o a largo plazo	Alteración del entorno de duración indefinida o prolongada a largo plazo (más de 5 años), desde que se inició el proyecto.	3
Reversibilidad	Efecto reversible	Asimilable por los procesos naturales a corto plazo (menos de 1 año).	1
	Efecto medianamente reversible	Asimilable por los procesos naturales a mediano/largo plazo (más de 1 año).	2
	Efecto irreversible	Aquel que supone la imposibilidad de retornar por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.	3
Recuperabilidad	Efecto recuperable	Puede eliminarse o reemplazarse por acción humana a corto plazo.	1
	Efecto medianamente recuperable	Puede eliminarse o reemplazarse por la acción humana a mediano / largo plazo.	2
	Efecto irrecuperable	Cuando se supone que la alteración del medio o pérdida es imposible de recuperar por la acción humana.	3

Tabla 5: Escala de criterios de la matriz modificada de Leopold. Fuente. Florero Maldonado et al. 2015.

Según estas escalas se califica los impactos de las acciones en una tabla como el modelo de la Tabla 6. La significancia se calcula según la fórmula:

$$\text{Significancia} = 2 \cdot \text{extensión} + \text{sinergia} + \text{persistencia} + 2 \cdot \text{reversibilidad} + 2 \cdot \text{recuperabilidad}$$

Esta fórmula ponderada permite un mayor nivel de seguridad ya que los criterios de extensión, reversibilidad y recuperabilidad valen doblemente²⁸.

Determinación de impactos						
Impacto	Extensión	Sinergia	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Significancia
X1						
X2						
X3						
X4						
X5						
X6						

Tabla 6: Modelo de la matriz modificada de Leopold. Fuente. Elaboración propia.

Según el nivel de significancia, se clasifica qué tan crítico o bueno es el impacto. La Tabla 7 y la Tabla 8 muestran los rangos con los colores respectivos.

<u>Rangos del índice de impacto</u>	<u>Impacto negativo</u>
-24 a -23	Crítico
-22 a -20	Severo
-19 a -15	Moderado
-14 a -8	Compatible

Tabla 7: Clasificación de rangos para impactos negativos. Fuente. Florero Maldonado et al. 2015, p. 23.

<u>Rangos del índice de impacto</u>	<u>Impacto positivo</u>
8-14	Bajo
15-19	Medio
20-22	Alto
23-24	Muy alto

Tabla 8: Clasificación de rangos para impactos positivos. Fuente. Florero Maldonado et al. 2015, p. 23.

²⁸ Florero Maldonado et al. 2015, p. 22.

Las ventajas de la matriz de Leopold son que facilita a descubrir posibles impactos de proyectos y los ordena según magnitud e importancia. Desventajas son la gran subjetividad de la evaluación, la falta de consideración de sinergias entre los factores ambientales y siempre se podría considerar algunos factores más o menos²⁹.

2.3. Servicio de recojo

2.3.1. Metodología Seis Sigma

En los años ochenta del siglo XX la gestión de calidad empezó a formar una propia disciplina dentro de la gestión empresarial³⁰. Dentro de esta disciplina, el ingeniero Bill Smith de la empresa Motorola elaboró el sistema Seis Sigma en 1986 para poder enfrentar una situación difícil en el mercado³¹. La empresa tenía que mejorar su calidad y reducir la cantidad de productos defectuosos para mantenerse competitivo. El método tuvo tanto éxito que miles de empresas siguieron el ejemplo de Motorola³². Sin embargo, hubo muy pocas publicaciones con respecto a Seis Sigma en los años 2005-2013 en revistas publicadas en Hispanoamérica y España³³. La **¡Error! No se encuentra el**

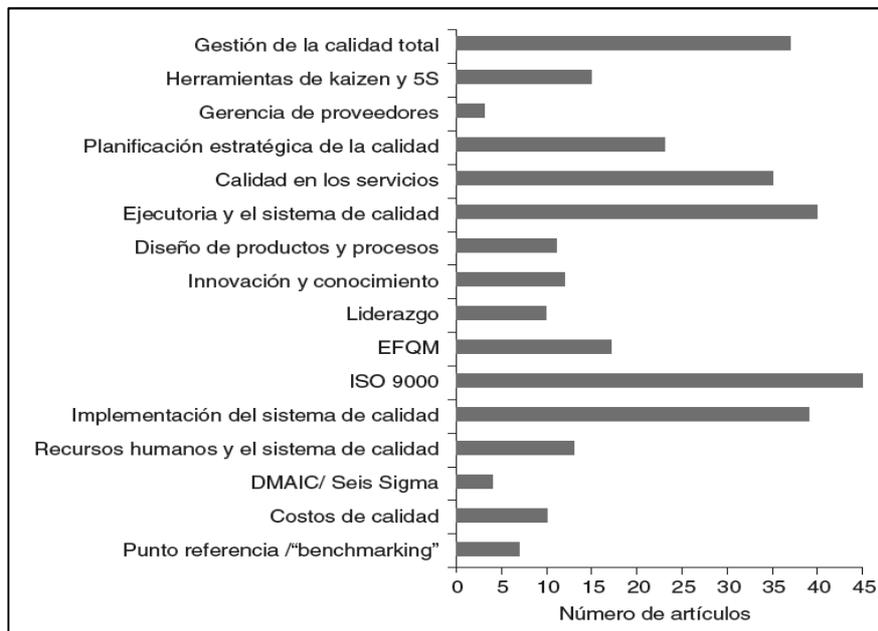


Ilustración 6: Número de artículos publicados de Seis Sigma. Fuente. Ruiz Torres et al. 2015, p. 322.

²⁹ Florero Maldonado et al. 2015, p. 17.

³⁰ Ruiz Torres et al. 2015, p. 320.

³¹ Montgomery 2008, p. 330.

³² Montgomery 2008, p. 331.

³³ Ruiz Torres et al. 2015, p. 322.

rigen de la referencia. muestra el número de artículos publicados en dicho tiempo en las zonas hispanohablantes. Se observa que Seis Sigma es uno de los métodos menos mencionados aunque tenía y todavía tiene mucho éxito en todo el mundo.

En comparación con el modelo clásico de mejora de calidad, el Total Quality Management (TQM), el modelo Seis Sigma es mucho más exitoso³⁴ y provee un respaldo estadístico. Por eso, el Seis Sigma es preferido en varias empresas e instituciones.

El objetivo de Seis Sigma es generar un proceso estable con un número de defectos de un millón de oportunidades (DPMO) de 3,4. El DPMO se calcula:

$$DPMO = \frac{D * 1000000}{U * O}$$

D: Número de defectos

U: Número de unidades

O: Oportunidades de defecto

Dentro de Seis Sigma se usa varias veces la metodología “definir, medir, analizar, mejorar, controlar”, la metodología DMAMC. La metodología DMAMC utiliza varias gráficas y métodos para analizar problemas como el análisis modal de efectos y fallos (AMEF), el Ishikawa y análisis estadístico.

En el caso del AMEF se crea una lista de actividades que normalmente se hace según el mapa de proceso. Se determina para cada actividad los modos potenciales de falla, los efectos de las fallas potenciales y las causas potenciales de las fallas. Además, se revisa si la actividad tiene un control o no. A cada actividad se asigna un valor de severidad, ocurrencia y detectibilidad entre 1 y 10. En seguida se presenta las escalas de estos criterios. La severidad indica que tan afectado se ve el cliente del servicio por la falla. Los efectos según rango son presentados en la Tabla 9.

³⁴ Montgomery 2008, p. 330.

<u>Efecto</u>	<u>Rango</u>	<u>Criterio</u>
No hay	1	No hay un efecto
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto menor en el desempeño del artículo o sistema.
Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Extremo	8	Efecto de peligro potencial. Capaz de continuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada – falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

Tabla 9: Rangos de la severidad. Fuente. Lean solutions.

La ocurrencia indica con cuanta frecuencia se registra la falla. En la Tabla 10 se observa los rangos.

<u>Ocurrencia</u>	<u>Rango</u>	<u>Criterios</u>
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico.
Muy poca	2	Sólo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un proceso casi idéntico.
Poca	3	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.
Moderada	4	Fallas ocasionales según ocurrencia.
	5	
	6	
Alta	7	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.
	8	
Muy alta	9	La falla es casi inevitable.
	10	

Tabla 10: Rangos de la ocurrencia. Fuente. Lean solutions.

La detección se refiere a que tan probable es que se detecta la falla. La Tabla 11 presenta los rangos.

<u>Detectabilidad</u>	<u>Rango</u>	<u>Criterio</u>
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia.
Medianamente alta	2-5	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia.
Baja	6-8	El defecto es una característica fácilmente identificable.
Muy baja	9	No es fácil detectar la falla por métodos usuales o pruebas manuales. El defecto es una característica oculta o intermitente.
Improbable	10	La característica no se puede checar fácilmente en el proceso.

Tabla 11: Rangos de la detectabilidad. Fuente. Lean solutions.

2.3.2. ¿Cómo se calcula los costos del servicio de recojo de basura?

Existen varios modelos del cálculo de los costos del servicio de recojo de basura. Se presenta los dos más cercanos al caso en mención: El manual de estimación de costos para la gestión municipal de residuos sólidos y la metodología para la determinación de costos de transporte de carga en camión.

2.3.2.1. Estimación de costos para la gestión municipal de residuos sólidos

El programa Competitividad y Ambiente junto con la Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit elaboraron en el 2008 un manual de estimación de costos para la gestión municipal de residuos sólidos. En la Ilustración 7 se puede apreciar el concepto básico de los costos del servicio de recojo de residuos sólidos. Los costos directos en su totalidad y los costos indirectos asignados de forma adecuada forman el costo total. El costo total se transforma en una tasa para poder calcular fácilmente los costos de diferentes rutas.

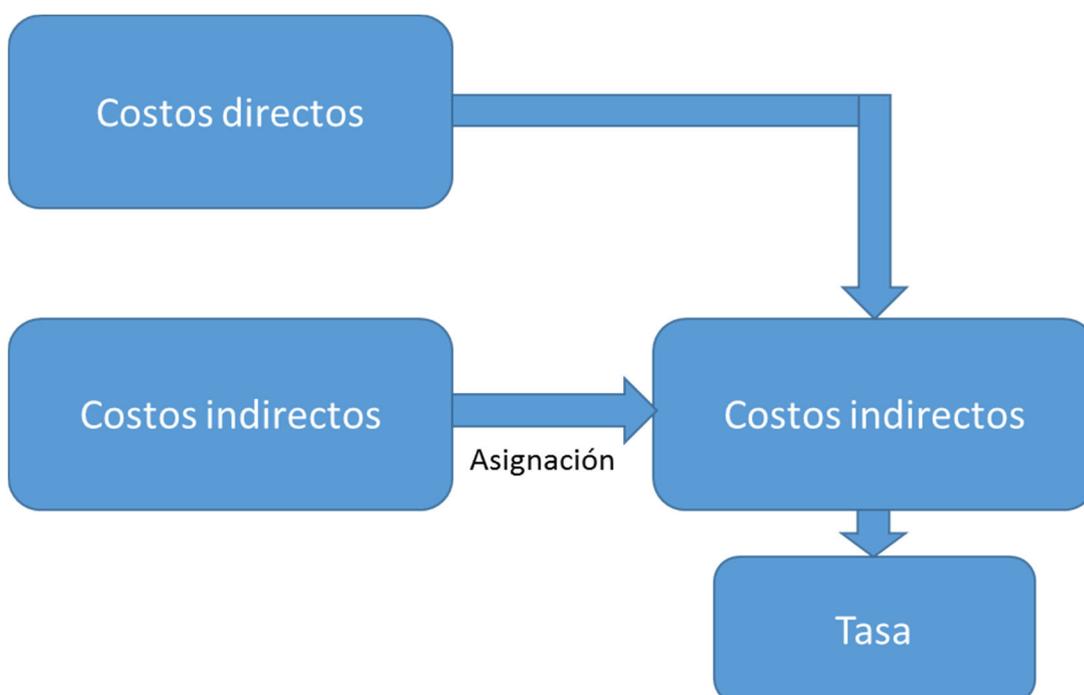


Ilustración 7: Modelo de costos simplificado para el servicio de recojo. Fuente. Costa Rica 2012, p. 14.

La Ilustración 8 detalla cómo se calcula estos costos.

<p>A. Costos directos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Personal - Servicios - Materiales y suministros consumidos - Consumo de activo fijo y bienes intangibles - Gastos financieros - Otros gastos <p>B. Costos indirectos</p> <p>C. Utilidad para el desarrollo</p>
Costo Total: A + B + C

Ilustración 8: Esquema más detallado del cálculo de costos. Fuente. Costa Rica 2012, p. 16.

Los costos directos son los costos que corresponden 100% al costo de recojo de basura.

Por ejemplo el **personal** que trabaja únicamente en el servicio de recojo. Su sueldo, los sueldos adicionales como gratificaciones, las contribuciones al sistema social, aportes a fondos de pensiones y de capitalización y otros gastos parecidos pertenecen a estos costos del personal.

Los costos de **Servicio** se refieren a costos de mantenimiento, conservación, reparación y bienes alquilados entre otros. Ejemplos son la energía eléctrica, costos de tercerización y servicios de gestión y apoyo.

Costos de útiles, materiales y suministros de corta durabilidad pertenecen a los costos de **Materiales y Suministros Consumidos**. Ejemplos son escobas, químicos para la limpieza y uniformes.

Los costos de **Consumo de Activo Fijo y Bienes Intangibles** se refieren a los costos causados por desgaste y pérdida de valor y depreciación.

Dentro de los costos de **Gastos Financieros** se encuentra los intereses por acceso a créditos o de bienes alquilados.

La categoría **Otros Gastos** incluye todos los gastos que no se pudo asignar a una de las otras categorías como por ejemplo el costo de permisos o trámites.

En comparación con costos directos, los **costos indirectos** son aquellos costos que solo pertenecen parcialmente al costo del servicio de recojo de residuos. Costos indirectos pueden ser por ejemplo costos de personal administrativo que no solo se encarga del servicio de recojo sino también de otros servicios. Otro ejemplo son los costos del agua / desague si el edificio no solo es usado por el personal del servicio de recojo sino también por otras personas.

Además, se propone en el artículo que se trabaja con una utilidad de 10% sobre la suma de los costos calculados. Este costo total se debe dividir entre las personas que benefician del servicio de recojo y resulta una tasa por persona³⁵.

2.3.2.2. Determinación de costos de transporte de carga en camión

Con la metodología para la determinación de costos de transporte de carga en camión (MTC) se puede determinar los costos de un servicio de transporte por kilómetro.

En la Tabla 12 se menciona los once tipos de costos que considera el MTC. Entre estos costos hay costos directos e indirectos.

Número	Tipo de costos
1.	Mano de obra
2.	Depreciación vehicular
3.	Gastos financieros
4.	Combustible
5.	Lubricantes y Filtros
6.	Neumáticos (llantas)
7.	Repuestos, reparaciones y mantenimiento
8.	Seguro vehicular
9.	Gastos generales y administrativos
10.	Peajes
11.	Impuestos

Tabla 12: Tipos de costos en el MTC. Fuente. MTC.

³⁵ Costa Rica 2012, pp. 16-18.

2.3.3. Investigación básica sobre el mejoramiento de rutas

Para poder entender mejor el problema de la mejora de la ruta y las diferentes maneras de solucionarlo, se presenta el concepto base de la planificación de rutas, el problema de rutas de vehículos. Es un problema muy conocido e intensamente investigado, por eso, se presenta primero el problema en general. Luego, se da información sobre la clasificación del problema de la ruta de vehículos (VRP) y se presenta las diferentes extensiones relevantes con respecto al problema de la optimización de rutas de camiones de basura.

Además, se presenta un método matemático que resultó muy exitoso en los últimos años: La Búsqueda Tabú.

2.3.3.1. VRP

El VRP es un problema muy complejo que tiene su origen en el problema del viajante cuya abreviación TSP viene de su nombre inglés “travelling salesman problem”. El VRP puede ser considerado como una generalización del problema del viajante³⁶. Es por eso, que el VRP es más complicado resolver que el TSP³⁷. El TSP trata de un viajero que visita diferentes ciudades. El inicio y el fin de su viaje son el depósito y el objetivo es calcular una ruta tan corta como posible para las visitas. El viajero tiene que visitar cada ciudad por lo menos una vez (también puede pasar varias veces por una ciudad si es el camino más corto para llegar a otras ciudades). A diferencia del VRP, el TSP solo tiene un viajero y no varios. Además, no hay una capacidad máxima del vehículo en el TSP porque se asume que el viajero ofrece algún tipo de servicio que no consume espacio. El TSP es de interés porque existen métodos que pueden solucionar este problema hasta su óptimo para más que 300 clientes. En algunos casos se puede aprovechar de este hecho cuando se subdivide por ejemplo un VRP grande en varios subproblemas. Estos subproblemas se pueden formular como un TSP y se logra soluciones óptimas para problemas mucho más grandes.

Después del TSP nació el VRP para problemas más complejos y con más restricciones. Dantzig y Ramsauer redactaron el primer trabajo científico sobre

³⁶ Dantzig & Ramsauer 1959 p. 80.

³⁷ Laporte & Nobert 1987 p. 147.

este tema en 1959³⁸. Ellos investigaron sobre las rutas que deben tomar camiones para entregar paquetes a clientes. Ejemplos prácticos para este problema son la repartición del correo o el cálculo de rutas de buses escolares.

A partir de este momento, se puede observar una evolución constante del VRP. Primero, se buscaba métodos de soluciones exactas. Ya que esta investigación no tenía mucho éxito por la complejidad del problema que crece rápidamente con el número de clientes, se enfocaron en los métodos heurísticos. La idea era conseguir rápidamente una solución factible para más tarde usar un método de postoptimización. Hace 20 años, el enfoque cambió otra vez, esta vez hacia las metaheurísticas. Aunque estos métodos necesitan más tiempo de cálculo, sus resultados son mejores con soluciones más cercanas al óptimo³⁹.

El problema de rutas de vehículos es la base para cualquier tipo de planificación de rutas de vehículos y tiene numerosas extensiones. El problema base puede ser descrito generalmente como el uso eficiente de una flota homogénea de vehículos que tienen que hacer varias paradas para entregar o recoger a personas o productos. El reto de este tipo de problema es especificar el orden de las visitas de los diferentes lugares de entrega / recogida y qué vehículo visita cada lugar. Además, hay que tener en cuenta condiciones adicionales como la capacidad limitada de los vehículos y posibles limitaciones del tiempo de entrega⁴⁰. En el problema base se formula el problema y trata de minimizar los costos para generar un itinerario eficiente, es decir un itinerario que minimiza los costos y que satisface la demanda mientras un vehículo pasa por cada uno de los clientes. La situación inicial se presenta gráficamente en la Ilustración 9.

³⁸ Dantzig & Ramsauer 1959, p. 80.

³⁹ Gendreau et al. 2002, p. 513.

⁴⁰ Fischer 1995, p. 1.

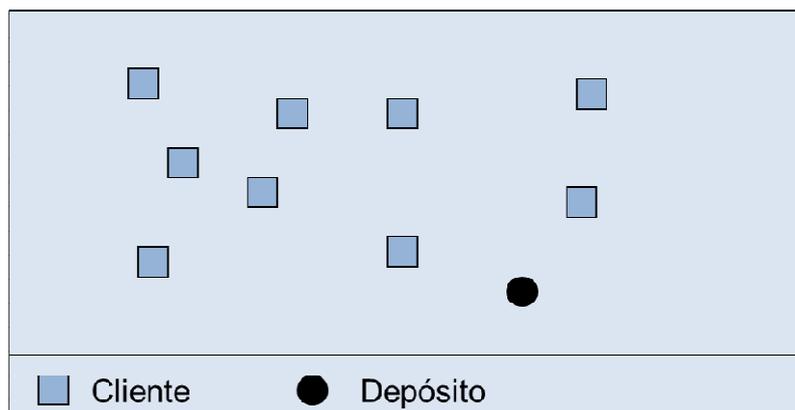


Ilustración 9: Problema base del VRP. Fuente. Elaboración propia.

Usando el VRP, se puede calcular las rutas para los diferentes camiones. Un ejemplo de una solución se puede observar en la Ilustración 10:

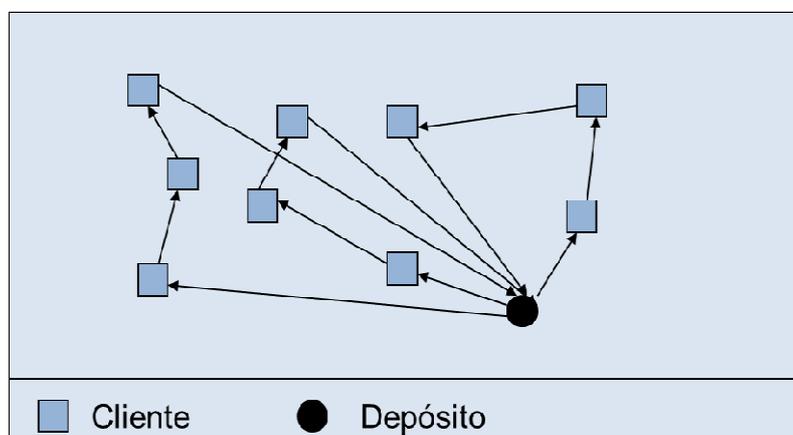


Ilustración 10: Posible Solución de un VRP. Fuente. Elaboración propia.

2.3.3.1.1. Problema de rutas de arcos

En el caso del sistema de recojo de desechos sólidos en zonas residenciales varias veces no aplica el VRP ya que no se recoge los desechos en puntos clave sino por calles. Es decir, se tiene que modelar con arcos en vez de puntos. Golden y Wong propusieron en 1981 un modelo base que se llama problemas de rutas de arcos capacitados y no dirigidos (UCARP). En contrario con el VRP en el caso del UCARP se asigna las capacidades a arcos en vez de puntos. En la Ilustración 11 se puede observar que el problema de rutas de arcos (ARP) soluciona básicamente el mismo problema como el VRP solo que los valores, como por ejemplo la cantidad de basura, son asignados a arcos en vez de puntos.

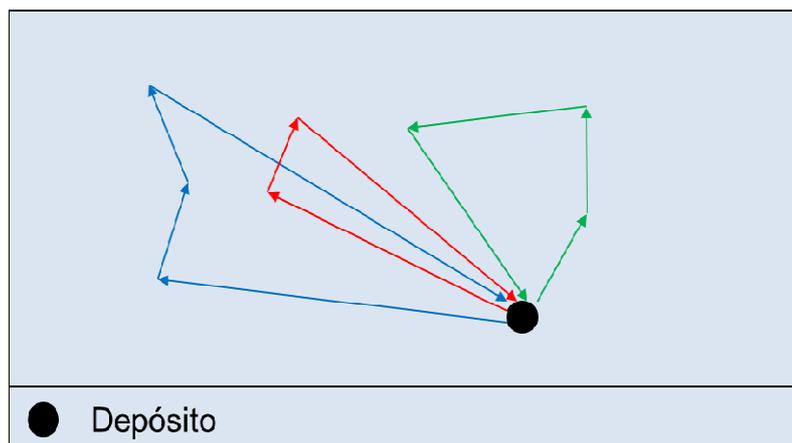


Ilustración 11: Posible solución de un ARP. Fuente. Elaboración propia.

El ARP y el VRP son tan parecidos que en la investigación que sigue se analizó el VRP que es mejor investigado que el ARP ya que se puede aplicar todas las extensiones y métodos de solución del VRP también al ARP con algunos cambios pequeños.

2.3.3.1.2. NP hard

No solo el problema del viajante sino también el problema de rutas de vehículos son clasificados como problemas NP. Ésta es una clasificación de la combinatoria cuyo nombre viene de problemas „no-deterministas polinómicos“. La categorización NP significa que no se puede encontrar un algoritmo que resuelve el problema con seguridad hasta el óptimo en un tiempo polinómico. Si se puede solucionar un problema en un tiempo polinómico marca prácticamente la frontera entre problemas que son solucionables en la vida real o no. Por eso, se trata de usar heurísticas para problemas que son NP-hard que son diseñadas para los problemas específicos en vez de métodos exactos porque las heurísticas varias veces determinan soluciones óptimas en un tiempo razonable, aunque no se puede verificar matemáticamente que es el óptimo⁴¹.

2.3.3.1.3. Extensiones del VRP

Hay numerosas extensiones del VRP con diferentes presunciones para varias situaciones de la vida real. La Tabla 13 presenta un resumen de las variantes más comunes y conocidas para que se tenga una idea de la gran variedad de los casos que se puede modelar con el VRP.

⁴¹ Kämpf 2006, p. 39.

<u>Tipo del VRP</u>	<u>Nombre en inglés</u>	<u>Abreviación</u>	<u>Descripción</u>	<u>Ejemplo</u>
VRP con ventanas de tiempo	VRP with time windows	VRPTW	El vehículo tiene que pasar por sus clientes dentro de un periodo preestablecido	Planificación de rutas de buses escolares
VRP dinámico	Dynamic VRP	DVRP	Después del inicio del tour, se agregan más clientes	Recepción no planificada de llamadas de emergencia de una ambulancia
VRP con múltiples depósitos	Multiple depot VRP	MDVRP	Hay más que un almacén	Transporte de paquetes cuando hay más que un almacén
VRP periódico	Periodic VRP	PVRP	El vehículo hace más que una ruta por día	Entrega de medicamentos a farmacias
VRP dependiente del lugar	Site-dependent VRP	SDVRP	No todos los vehículos pueden visitar a todos los clientes	Empresa de transporte con camiones de diferentes tamaños

Tabla 13: Resumen de los diferentes tipos de VRPs. Fuente. Golden y Assad 1986, p. 805 & Fischer 1995, pp. 2-5.

El VRP con ventanas es interesante para el caso de la planificación de rutas de camiones de basura. Uno puede incluir por ejemplo el horario de los trabajadores como una ventana de tiempo. Si se incluye esta condición, uno

se asegura que ninguna ruta excede el máximo de horas laborales por día de un trabajador. Además, uno puede pensar en las horas de manejo seguidas permitidas por la ley. En la mayoría de los países la ley exige que un chofer deba descansar por lo menos 30 minutos después de 5 horas manejando. En el caso de los chóferes de camiones de basura, esta regla no es limitativa, ya que se hace varias paradas para recoger la basura así que no se maneja permanentemente. Aparte de esto, se puede usar el VRPTW para modelar el refrigerio de los trabajadores.

El VRP dinámico no es de mayor interés para la investigación presente porque los clientes son conocidos con anticipación. Los clientes tienen que registrarse para ser atendidos por el servicio de limpieza y en el caso de que se agreguen nuevos clientes, se puede calcular una nueva ruta con anticipación.

A contrario, el VRP con depósitos múltiples puede ayudar a modelar el hecho de que una municipalidad o empresa usa más que un vertedero para guardar y trabajar la basura recogida.

2.3.3.1.4. Métodos para solucionar el VRP

Partiendo del VRP básico hay muchas extensiones de la planificación de rutas de vehículos con diferentes enfoques en varios problemas. Dependiendo de la naturaleza del problema, se desarrollaron distintos métodos para la solución de éstas extensiones. Algunos son en general más exitosos que otros, pero normalmente la calidad de la solución depende mucho de la formulación y las condiciones adicionales de los problemas. En la Ilustración 12 se resume los métodos más usados según las clasificaciones de autores reconocidos en este rubro como Laporte, Nobert, Bektas y Cordeau.

En un principio, se decide entre métodos exactos y métodos heurísticos. Los métodos exactos siempre encuentran la solución óptima que se puede probar matemáticamente como óptima. Sin embargo, los tiempos de cálculo pueden ser muy largos. Los métodos heurísticos encuentran soluciones más rápidamente pero al otro lado varias veces no se sabe qué calidad tiene la solución. Laporte y Nobert dividen los métodos exactos en tres grupos diferentes, la búsqueda arborescente directa (direct tree search), programación dinámica (dynamic programming) y programación lineal entera

(integer linear programming)⁴². La última categoría es la más amplia y puede ser dividida en tres subcategorías, problemas de división en conjuntos (set partitioning problems), formulaciones de circulación de vehículos (vehicle flow formulations) y el flujo de bienes (commodity flow)⁴³. Aunque estos métodos de la programación lineal entera en general producen soluciones exactas, algunas veces también ofrecen soluciones no exactas⁴⁴.

Sin embargo, la mayoría de las soluciones de VRP son heurísticas⁴⁵ porque solo se puede solucionar problemas relativamente pequeñas con los métodos exactos⁴⁶. Los métodos heurísticos se dividen en las heurísticas clásicas y en las metaheurísticas. En general, las heurísticas clásicas encuentran rápidamente soluciones viables. Los algoritmos más conocidos son el algoritmo de ahorros de Clarke y Wright (savings algorithm), el algoritmo de línea de barrer (sweep algorithm) y el algoritmo de Fisher y Jaikumar. Las metaheurísticas se dividen en las categorías de la búsqueda local (local search) con las subcategorías del recorrido simulado (simulated annealing), la Búsqueda Tabú (tabu search), etc. y la búsqueda de población (population search). El ejemplo más famoso de la búsqueda de población es la búsqueda genética (genetic search) y el proceso de memoria adaptiva que puede ser clasificado como una extensión de la búsqueda genética⁴⁷. La Ilustración 12 resume lo expuesto.

⁴² Laporte & Nobert 1987, p. 149.

⁴³ Laporte & Nobert 1987, p. 149.

⁴⁴ Krumke et al. 2002, p. 2.

⁴⁵ Laporte y Nobert 1987, p. 147.

⁴⁶ Bektas 2005, p.217.

⁴⁷ Cordeau et al. 2007, p. 512.

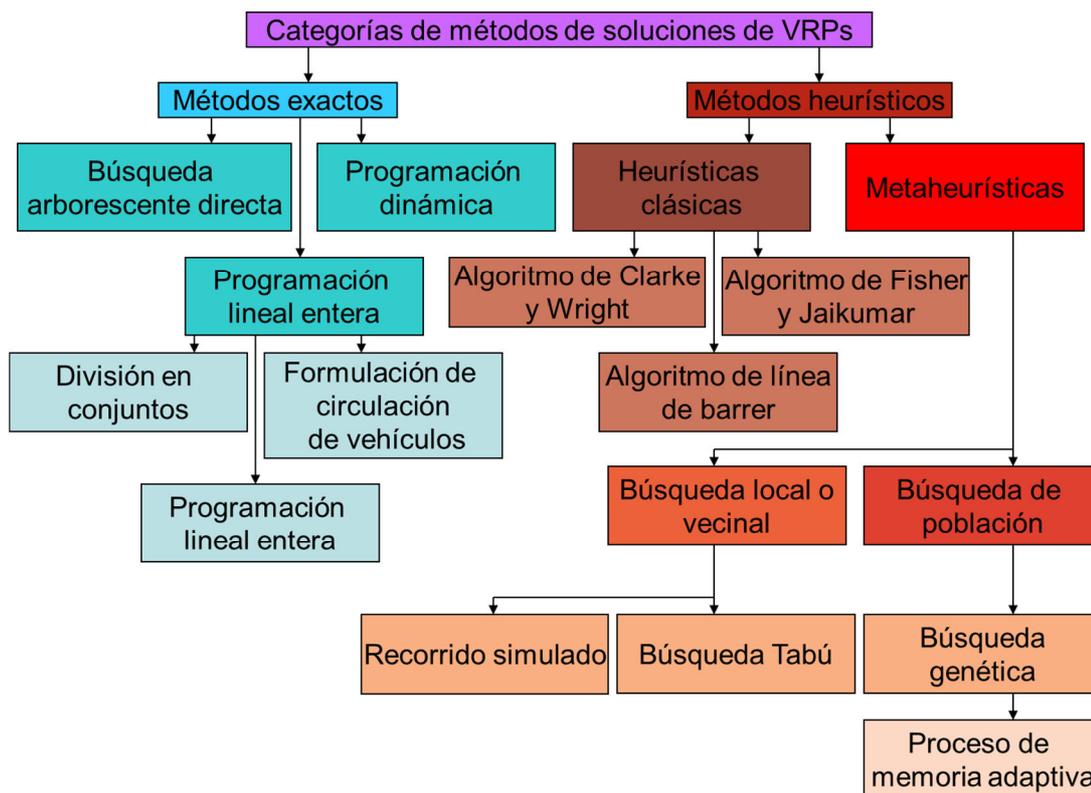


Ilustración 12: Categorías de métodos de soluciones de VRPs. Fuente. Elaboración propia.

2.3.3.1.4.1. Métodos exactos

El número de clientes de VRP que se puede resolver con métodos exactos es muy limitado. En el año 1986 se pudo solucionar VRP hasta su óptimo con un máximo de 30 clientes con un método exacto⁴⁸. Aprovechando algunas circunstancias de problemas particulares se logró aumentar la cantidad de clientes y solucionar algunos problemas específicos con más que 30 clientes hasta su óptimo. Aunque el VRP es uno de los problemas más investigados, se pudo aumentar la cantidad de clientes para soluciones óptimas hasta el año 2000 solo hasta aproximadamente 50 clientes⁴⁹. Esto es porque el VRP se vuelve fácilmente muy extenso. Suponiendo que todos los puntos / clientes i son conectados por solo una conexión, el número total de rutas viables es $0,5 \cdot i!$. Es decir, que para un problema con 20 puntos, existen 1,216,451,004,088,320,000 rutas diferentes⁵⁰. Por eso, evolucionaron varios enfoques diferentes para solucionar VRPs.

⁴⁸ Cordeau et al. 2007, p. 512.

⁴⁹ Toth & Vigo 2002, p. 488.

⁵⁰ Dantzig y Ramsauer 1959, p. 80.

2.3.3.1.4.2. Métodos heurísticos

Un método heurístico no exige una solución óptima sino trata en primer lugar de encontrar una solución factible. Como se mostró antes, el problema del enrutamiento de vehículos es categorizado como NP, o sea que no hay un algoritmo para solucionar este problema en un tiempo polinómico. Por eso, se trata varias veces de encontrar una solución factible que se puede mejorar hasta que esté casi óptima o aún óptima⁵¹.

2.3.3.1.4.3. Metaheurísticas

A un lado, metaheurísticas necesitan normalmente más tiempo para su cálculo que las heurísticas clásicas pero al otro lado, ellas brindan soluciones de mejor calidad⁵². Si se usa el termino „calidad de soluciones“ en este trabajo, uno se refiere a que tan cerca o lejos están los resultados logrados de la solución óptima. En la vida real es común usar soluciones de baja calidad de VRP software y mejorarlas a través de expertos a mano⁵³. Las metaheurísticas son usadas para guiar las heurísticas a regiones con alta probabilidad de soluciones de buena calidad o aún óptimas. Uno de los trucos más importantes para lograr esta meta es la ampliación de la vecindad en que las heurísticas buscan una mejor solución que la actual.

2.3.3.2. Búsqueda Tabú

Un método que resultó muy exitoso en el pasado y es utilizado frecuentemente por empresas es la Búsqueda Tabú. Sobre todo en el rubro de problemas de pruebas clásicos se observa buenos resultados⁵⁴. En el caso de la Búsqueda Tabú (TS) hay muchas variaciones con ajustes al problema respectivo cuyas soluciones son de diferentes calidades. El concepto básico es el siguiente:

⁵¹ Boza et al. 2012, p. 72.

⁵² Cordeau et al. 2002, p. 513.

⁵³ Cordeau et al. 2007, p. 153.

⁵⁴ Bektas 2005, p. 218.

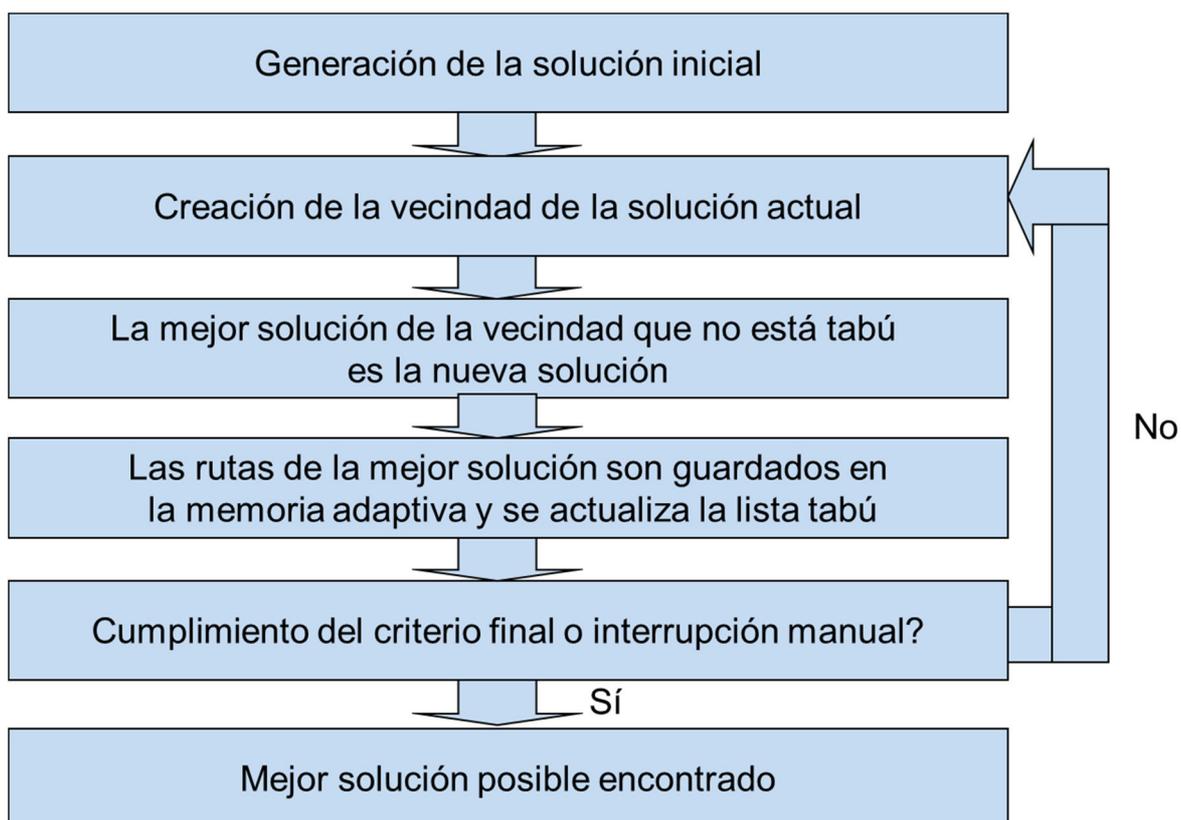


Ilustración 13: Resumen de la Búsqueda Tabú. Fuente. Oldenhage 2013, p. 6.

Primero hay que generar una solución inicial que no necesariamente tiene que ser óptima y después se trata de mejorar esta solución. Para lograr esto, se genera una vecindad de soluciones que son parecidas a la solución actual. Con cada iteración se cambia la solución actual con la mejor solución de la vecindad. La creación de una lista tabú, es decir de una lista en que entran todas las soluciones que ya se ha considerado y que no se puede retomar durante una cierta cantidad de iteraciones, evita que la solución circule. Se sigue aplicando el mismo proceso a la solución actual respectiva hasta que se cumpla un criterio final. Como criterio final se puede considerar diferentes situaciones, por ejemplo hasta que se haga 1,000 iteraciones o una interrupción manual⁵⁵. El resultado de este proceso es el mejor resultado, es decir, la mejor ruta, encontrada.

⁵⁵ Oldenhage 2013, pp. 6-7.

Gracias a su “memoria” a través de la Lista Tabú, la Búsqueda Tabú puede superar óptimas locales. Las soluciones ya usadas son tabú y así se puede encontrar la solución óptima sin quedarse en un óptimo local⁵⁶.

2.3.4. Cálculo de distancias

En varias oportunidades, un camión de basura no recoge los desechos de puntos clave sino de la puerta de cada vecino. En estos casos, una modelación con puntos separados de dónde se puede recoger la basura no es adecuada. En vez de trabajar con puntos separados, uno debe enfocarse en las calles enteras y modelarlas como la recta entre dos puntos, normalmente dos intersecciones.

Primero hay que determinar la ubicación cartesiana de los lugares críticos del distrito (intersecciones, cruces etc.). Después, se usa la ecuación de la recta euclidiana para calcular la distancia entre dos puntos.

La distancia euclidiana de un cruce_{ij} con los puntos $P_i = (x_i, y_i)$ y $P_j = (x_j, y_j)$, se calcula con la fórmula:

$$d_{(i,j)} = \sqrt{((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2)}$$

2.4. Conducta humana sostenible

La primera definición de “desarrollo sostenible” se ha dado en el informe de la comisión mundial de ambiente y desarrollo “Our common future” dentro de un programa de las Naciones Unidas para el ambiente en 1987. En el informe se declara como desarrollo sostenible el desarrollo que satisface las necesidades de las personas viviendo en la actualidad sin perjudicar la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades⁵⁷. Esta definición toma en cuenta los dos lados: Primero las necesidades de las diferentes generaciones y segundo la conservación de la naturaleza. Las tres actividades principales que el reporte menciona como no sostenible son según Benavides Obando 2007:

⁵⁶ Glover 1990, p. 74.

⁵⁷ World Commission on Environment and Development 1987, p. 16.

- 1) El uso de recursos renovables como el suelo, los bosques, el agua dulce, las zonas costeras, los recursos pesqueros y las áreas urbanas sobrepasa su capacidad de generación natural y por lo tanto no es sostenible
- 2) El incremento y uso extensivo de químicos como “combustible” para el desarrollo económico está causando graves riesgos a la salud, intensa contaminación ambiental y problemas de tratamiento de desechos
- 3) El crecimiento rápido y no planificado de la urbanización, particularmente en las zonas costeras, está poniendo mayor presión en los ecosistemas adyacentes

Además, el informe declara que existe un vínculo entre los problemas ambientales y la economía internacional y también con los modelos de desarrollo⁵⁸.

En la investigación científica sobre la sostenibilidad algunos autores hacen diferenciaciones más detalladas entre varios tipos de sostenibilidad que resuma Dulanto Tello 2013:

- 1) **Sostenibilidad social:** Generación de una sociedad con un nivel de economía equilibrada entre todos los miembros. La brecha entre ricos y pobres es mínima
- 2) **Sostenibilidad económica:** Se considera la sostenibilidad como un bien que es equilibrado en inversiones públicas y privadas para que sean rentables al nivel macro social
- 3) **Sostenibilidad ecológica:** El uso racional de los recursos naturales permite ecosistemas y hábitats naturales renovables
- 4) **Sostenibilidad espacial:** Se logra un desarrollo sostenible por una distribución equilibrada de la población mundial a asentamientos humanos entre el campo y ciudades
- 5) **Sostenibilidad cultural:** La preservación de orígenes y creencias endógenas en los desarrollos hacia la modernidad

⁵⁸ Novo 1996, p. 79.

- 6) **Sostenibilidad política:** Participación equilibrada por los grupos diferentes de las comunidades

2.4.1. Historia de la educación ambiental formal

No se puede definir con exactitud el inicio de la educación ambiental formal por parte de instituciones estatales pero usualmente se toma como referencia la fundación del Consejo de Educación ambiental (Council of Environmental Education) en 1968 en la Universidad de Reading en Inglaterra. Este consejo apoyaba en conservar el ambiente. En los años setenta, se empezó con una enseñanza interdisciplinaria. Profesores de diferentes áreas involucraron el cuidado del ambiente en sus clases y se analizaba el tema de diferentes puntos de vista. En el mismo tiempo también se consideró la pregunta del cuidado ambiental como una pregunta ética. Después, se tomó consciencia de que la problemática ambiental no es un fenómeno regional sino un problema al nivel mundial. Se empezó a ver las conexiones e interrelaciones entre las ocurrencias en otros países y problemas locales. En los noventa se adicionaron problemas como la emigración de la población del campo a la ciudad y el crecimiento rápido de la población mundial junto con el cambio demográfico⁵⁹.

2.4.2. Historia de la educación ambiental informal

Paralelamente a la formación formal se desarrollaba la formación informal a través de grupos ecologistas que eran pocos pero muy activos. En los años 1960-1970 el concepto del ambiente se amplió de un concepto que únicamente incluía el ecosistema natural a un concepto más amplio que también incluye las ciudades y sistemas económicos. En los años setenta los grupos ecologistas empezaron a organizar manifiestos y conferencias. Además, algunas organizaciones extraescolares empezaron a apoyar en la educación ambiental. En los años siguientes de 1980-1990 se pudo observar que gracias a las acciones de Organizaciones no Gubernamentales

⁵⁹ Novo 1996, pp. 76-85.

y otros grupos ecologistas la conciencia ambiental creció de un grupo minorista a la ciudadanía en general⁶⁰.

Novo (1996) define las ideas principales de la educación ambiental informal en cinco párrafos:

- 1) **La idea de responsabilidad global.** Las generaciones actuales están conscientes de que cualquier acción en el planeta afecta a otros individuos que también pueden estar muy lejos del lugar de ocurrencia. Por eso, se sabe que la responsabilidad ambiental es una responsabilidad colectiva que implica que todas las necesidades individuales tienen que ser contempladas dentro de un panorama global.
- 2) **Diferenciación entre crecimiento y desarrollo.** Se supone que el crecimiento se mide por indicadores cuantitativos como por ejemplo la renta per cápita, que no refleja la complejidad que significa el desarrollo. Para esto, se necesita adicionalmente indicadores cualitativos que miden el bienestar de las personas, la interacción social y la calidad de vida con respecto al ambiente entre otros.
- 3) **La búsqueda de sociedades socialmente justas y ecológicamente equilibradas.** La sociedad justa y el equilibrio ecológico son los dos pilares básicos de la educación ambiental que considera los problemas del medio social y el medio natural.
- 4) **Crítica al modelo de civilización dominante, basado en la superproducción y superconsumo para unos pocos y la escasez para la mayoría.** La educación ambiental busca en este contexto que los alumnos entiendan que hay que repartir los recursos para que los países que sufren de escaseces reciban las mercaderías que sobran en los países desarrollados. Se necesita una transformación cualitativa de las prioridades que fortalezca el intercambio internacional.
- 5) **Valoración del protagonismo de las comunidades en la definición de su propio modelo de desarrollo.** Hay que reconocer que las ideas

⁶⁰ Novo 1996, pp. 77-79.

y metas del desarrollo sostenible son subjetivos y dependen mucho de las necesidades de las diferentes culturas y sus valores⁶¹.

2.4.3. Teoría de las ventanas rotas

Wilson y Kelling (1982) publicaron una teoría de las ventanas rotas cuyo hipótesis principal es que delitos menores como tomar bebidas alcohólicas en la vía pública, mendigar de forma agresiva, prostitución y botar basura que no son castigados invitan a delitos más graves como robo, asaltos y violación. Además, la preocupación por el orden o desorden indica si la sociedad se preocupa por las normas y leyes o no. La observación de desorden en un lugar implica que la sociedad no es capaz o no de buena voluntad de establecer orden⁶². La señal que un delincuente potencial recibe es que un delito no va a ser reportado en este vecindario descuidado; no hay nadie que está a cargo. Por eso, una ventana rota invita a más ventanas rotas. Si no se repara una ventana al instante, hay personas que tienen la impresión que no van a recibir ningún castigo si rompen otra ventana. Este proceso baja poco a poco la moral de la población y la hace vulnerable al crimen⁶³.

En 1993 la policía de la ciudad de Nueva York en los Estados Unidos implementó una iniciativa llamada “calidad de vida” que se basa en la teoría de las ventanas rotas. La idea era castigar delitos menores de una forma muy estricta para prevenir crímenes mayores⁶⁴. El proyecto recibió gran apoyo por la prensa y autoridades. También, varios autores científicos apoyaron la teoría y proveyeron pruebas estadísticas.

2.4.4. Las cinco dimensiones de Hofstede

El científico Geert H. Hofstede nació el 02.10.1928 en Haarlem, Holanda. Él estudió su doctorado en Groningen, Holanda, y recibió su título con honores en 1967. El trabajo más conocido de Hofstede trata de cinco dimensiones que influyen en las diferencias internacionales de los valores laborales. Hofstede usó los datos de la corporación multinacional IBM para elaborar valores para las cinco dimensiones en 40 países diferentes. Las cinco dimensiones son:

⁶¹ Novo 1996, pp. 87-88.

⁶² Kahan 1997, pp. 350-352.

⁶³ Wilson & Kelling 1982, p. 31.

⁶⁴ Harcourt 1998, p. 292.

1) Distancia de poder (en inglés: power distance)

Se refiere al grado de inequidad entre personas que una población de un país considera como normal. En una cultura que tiene una distancia de poder pequeña, la población piensa que las personas son iguales. Una distancia de poder larga implica que la población está de acuerdo con una diferencia de poder y estatus larga⁶⁵. Los indicadores más comunes son:

- **Clima:** Se mide según la latitud geográfica. Culturas de latitud alta (clima frío o moderado) normalmente tienen una distancia de poder baja mientras culturas de latitud baja (clima tropical) normalmente tienen una distancia de poder alta.
- **Población:** En países más poblados, normalmente la distancia de poder es alta.
- **Distribución de riqueza:** En culturas con una gran inequidad de la distribución de riqueza la distancia de poder normalmente es alta.

Las consecuencias de la distancia de poder se muestra normalmente en las costumbres de familias, las relaciones entre estudiantes y maestros, los jóvenes y mayores, el lenguaje y prácticas organizacionales⁶⁶.

2) Individualismo (en inglés: individualism)

Se refiere al grado de que personas prefieren actuar como individuos y no como miembros de un grupo. Lo contrario de una cultura individualista es una cultura colectivista. En una cultura colectivista un niño aprende a respetar el grupo y sus miembros. El primer grupo que conoce un niño normalmente es la familia y el niño aprende diferenciar entre miembros y no-miembros de este grupo. Cuando el niño crece, el niño sigue siendo parte del grupo y espera que el grupo le ayude y lo proteja. En culturas individualistas el niño aprende temprano a pensar

⁶⁵ Hofstede 1993, p. 89.

⁶⁶ Oddou 2006, p. 2.

en si mismo como “yo” y no como “nosotros”. El niño sabe que un día va a tener que cuidarse a si mismo y vivir sin la protección de su grupo. Por eso, la lealtad al grupo tampoco es tan fuerte⁶⁷. Los indicadores del individualismo son:

- Desarrollo económico: Culturas ricas normalmente son individualistas mientras culturas pobres son colectivistas.
- Clima: Culturas de clima fría normalmente son individualistas mientras culturas de un clima cálido normalmente son colectivistas.

Hofstede encontró una fuerte relación negativa entre la distancia de poder y el individualismo. Una distancia de poder alta implica un pensamiento colectivista y una distancia de poder baja implica un pensamiento individualista.

Las consecuencias de una cultura colectivista son una orientación fuerte hacia el grupo. Hay una distinción clara entre miembros del grupo y extraños. En el caso de conflictos, culturas colectivistas normalmente usan estrategias de evitación, intermediarios y otras técnicas que permiten guardar la cara. Al contrario, los miembros de culturas individualistas normalmente prefieren pronunciar claramente los problemas para resolverlos y usan estrategias de confrontación⁶⁸.

3) Masculinidad y feminidad (en inglés: masculinity y femininity)

Se refiere al grado de diferencia entre valores que normalmente se asigna al sexo masculino como asertividad, desempeño, éxito y competitividad y valores que normalmente se asigna al sexo femenino como mantener una relación personal buena, preocuparse por los débiles y solidaridad. Aunque existen diferencias entre el papel de mujeres y hombres en cualquier país, Hofstede dice que la diferencia entre los papeles de hombres y mujeres es más grande en culturas masculinas que en sociedades femeninas. Esto significa que en

⁶⁷ Hofstede 1993, pp. 89-90.

⁶⁸ Oddou 2006, p. 3.

culturas masculinas, los papeles de hombres y mujeres varían mucho y son más definidas⁶⁹. Los indicadores comunes son:

- Clima: Culturas masculinas normalmente viven en un clima caliente mientras culturas femeninas viven en un clima más frío.

Las consecuencias de una sociedad masculina son que la población cree que los hombres son asertivos y las mujeres solícitas. Los papeles de los sexos son claramente definidos y la inequidad es percibida como beneficiosa⁷⁰.

4) Evitación de incertidumbre (en inglés: uncertainty avoidance)

Se refiere a la preferencia de una cultura de situaciones estructuradas en comparación con situaciones no-estructuradas. Estructurado significa que hay reglas claras como actuar. Estas reglas normalmente son escritas pero también pueden ser impuestos por tradición y costumbre. Sociedades con un nivel bajo de evitación de incertidumbre son más flexibles y relajadas. Sociedades con un nivel alto de incertidumbre normalmente consideran novedades como peligros⁷¹. Los indicadores son:

- Nivel de modernización: Culturas con un nivel alto de incertidumbre normalmente están empezando con la modernización y tienen un nivel alto de cambios. Culturas con un nivel bajo de evitación de incertidumbre son normalmente más estables y predecibles con respecto al cambio.

Las consecuencias son: Culturas con un nivel alto de evitación de incertidumbre normalmente desarrollan muchas reglas para controlar el comportamiento social mientras las culturas con un bajo nivel de evitación de incertidumbre no necesitan muchas reglas para regular el comportamiento social.

⁶⁹ Hofstede 1993, p. 90.

⁷⁰ Oddou 2006, p. 4.

⁷¹ Hofstede 1993, p. 90.

5) Orientación al largo plazo o corto plazo (en inglés: long-term versus short-term orientation)

La quinta dimensión fue adicionada más tarde. Hofstede la elaboró junto con el canadiense Michael H. Bond que trabajaba en Hong Kong. Una cultura orientada al largo plazo tiene valores que son orientados hacia el futuro, el ahorro y persistencia. Cultura con una orientación al corto plazo son más enfocadas en el presente y el pasado. Estas culturas respetan mucho la tradición y el cumplimiento con obligaciones sociales⁷².

La Ilustración 14 presenta un resumen de las cinco dimensiones.

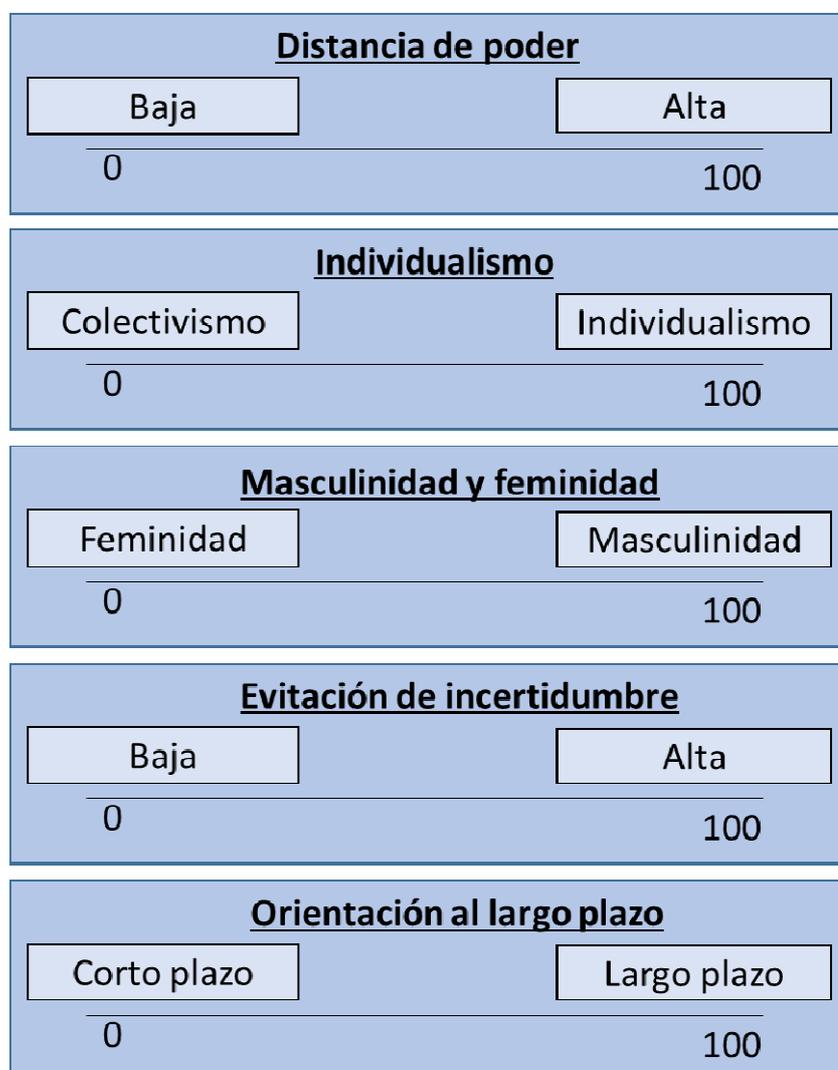


Ilustración 14: 5 dimensiones de Hofstede. Fuente. Hofstede 1993, pp. 90-91.

⁷² Hofstede 1993, p. 90.

2.4.5. Cobranza por el servicio de basura al nivel mundial

Con respecto a la modalidad de cobranza por el uso del servicio de recojo de basura hay diferentes modelos en todo el mundo. Se decide entre modelos en las que la gestión de los residuos sólidos no es tarea de alguna institución pública, sino la responsabilidad del generador y los modelos en los que se encargan instituciones estatales del recojo.

Dos ejemplos de modelos con la responsabilidad del generador son:

- 1) Los desechos generados por la industria y empresas. Esto es una fuente grande de generación de desechos y normalmente las instituciones públicas no intervienen en su recojo y tratamiento. La misma empresa tiene que preocuparse de sus desechos.
- 2) Esta modalidad también hay en el sector privado. En Polonia por ejemplo, hay regiones en las que los generadores, las familias, tienen que contratar personalmente una empresa para que se encarguen de los desechos. La municipalidad se preocupa únicamente de controlar la eliminación adecuada de los desechos.

En el sector industrial y comercial, no se ha notado problemas mayores mientras se observa problemas en el sector privado. Es muy difícil aplicar las leyes con respecto al ambiente y el tratamiento de desechos. Por eso, se observa una tendencia de abandonar este modelo en el sector privado⁷³.

En el caso de modelos de gestión de desechos sólidos en los que la municipalidad está encargado, se presenta tres versiones:

1) Financiamiento a través del presupuesto municipal.

La municipalidad paga los costos del servicio de recolección y eliminación de los desechos de su presupuesto general. Este sistema es el más simple pero también tiene algunas desventajas:

- La asignación de un presupuesto es difícil y no es cien por ciento confiable. Durante el ejercicio presupuestal algunas veces se desvía los recursos a otros proyectos.

⁷³ Perú 2008, p. 41.

- No se determina el costo real de la gestión de este servicio ya que no hay una distinción explícita.
- Los presupuestos pueden variar mucho de un año a otro.
- La población no tiene un incentivo directo para evitar la generación de desechos sólidos y es difícil seguir una estrategia de sostenibilidad.

Este modelo se usa principalmente en países de desarrollo. Se usa prácticamente en todo el continente de África y en la mayoría de los países latinoamericanos. En países desarrollados este modelo se está extinguiendo ya que no se puede incluir el principio de contaminador-pagador que es esencial para la disminución de la cantidad de desechos generados.

2) Financiamiento a través de tasas no relacionadas a la producción de residuos sólidos.

Para evitar algunas de las desventajas del modelo mencionado anteriormente, se creó un modelo con un presupuesto propio para que no se pueda desviar los presupuestos. Con un presupuesto propio, las municipalidades pueden manejar mejor el servicio de recojo y pueden formar también convenios entre diferentes municipalidades para agilizar y mejorar los servicios. Con un presupuesto propio, también se puede medir mejor los costos de la gestión. Además, la municipalidad puede sustentar mejor como se ha gastado los impuestos y puede justificar un incremento de los costos si es necesario. Para definir la tasa de impuestos, se puede usar diferentes criterios:

- **Tasa en relación con los arbitrios municipales.**

Por un lado, este modelo es simple y tiene un aspecto social que carga un costo mayor a familias con ingresos mayores. Por otro lado, este modelo no refleja el principio contaminador-pagador. Este sistema es usado al nivel mundial pero está por desaparecer en los países desarrollados.

- **Tasa en relación con el número de habitantes residentes.**

La tasa es proporcional al número de personas que viven en una casa. Este modelo normalmente favorece a las familias con ingresos mayores ya que son estas que producen en promedio más desechos. Este sistema es poco usado.

- **Tasa relacionada al consumo de electricidad o de agua.**

Se calcula los costos según el consumo de electricidad o agua, principalmente de la electricidad. La empresa que es encargada de cobrar por los servicios de electricidad cobra al mismo tiempo por el servicio de recojo de los desechos sólidos. Este sistema tiene la ventaja que se puede cortar la electricidad si una vivienda no paga los impuestos. Esto aumenta la tasa de cobranza de los servicios de recojo. Las desventajas del sistema son la necesidad de una aprobación jurídica y la realización por parte de la empresa de la electricidad que sobre todo en el caso de empresas privadas es muy difícil. Tampoco se considera el principio del contaminador-pagador y no hay estudios que sustentan una correlación entre el uso de la electricidad y la producción de desechos. Este sistema se usa en algunos países del Oriente próximo y medio y también hubo un tiempo en que se usaba este sistema en el Perú.

3) El financiamiento para tasas relacionadas a la producción de residuos sólidos.

Según este modelo, se cobra a la población por la cantidad de residuos recolectados. La gran ventaja es que se usa el principio contaminador-pagador. Así, el modelo es muy motivador, pedagógico y justo. La desventaja es que la aplicación es difícil ya que hay que medir la cantidad de basura recogida por vivienda. Las tres modalidades principales son:

- **Evaluación de la producción.**

A través de campañas de evaluación en el campo se define una tasa proporcional a la generación de los residuos. Las

desventajas son que las evaluaciones son muy caras y hay que hacerlas frecuentemente.

- **Venta de bolsas.**

Los camiones de recojo reciben únicamente las bolsas oficiales vendidas a la población. Las viviendas tienen que comprar las bolsas y así pagan por la cantidad generada. Este principio es muy pedagógico porque muestra de una manera evidente cuánto cuesta la generación de desechos.

- **El pesaje en el camión recolector.**

Este sistema se puede usar únicamente si el camión recolector tiene un sistema automático de pesaje. Se necesita un código que identifica el contenedor de cada vivienda y luego se registra el peso del contenedor. Periódicamente hay que enviar las facturas a cada vivienda. La desventaja de este sistema que se usa con éxito en algunos países europeos es, que hay que controlar que la población no se deshace de forma prohibida de sus desechos.

Este modelo del financiamiento por tasas relacionadas a la producción de residuos sólidos es el más usado en la unión europea donde se usa los principios de minimización y del contaminador-pagador como base⁷⁴.

⁷⁴ Perú 2008, pp. 41-45.

2.5. Glosario

AMEF	Análisis del modal de efectos y fallos El AMEF es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar y dar prioridad a problemas potenciales (errores) de un proceso ⁷⁵ .
ARP	Problema de rutas de arcos La abreviación viene del inglés “arc routing problem”. El ARP es una variación del VRP en que se asigna valores a arcos en vez de puntos clave.
DMAMC	Definir, medir, analizar, mejorar, controlar Una herramienta estructurada para resolver problemas que se usa normalmente para mejorar la calidad en procesos ⁷⁶ .
DPMO	Defectos por millón de oportunidades Medida en el Seis Sigma.
EPP	Equipo de protección personal El EPP se refiere principalmente a ropa como guantes o cascos que protege al trabajador contra riesgos.
MTC	Metodología para la determinación de costos de transporte de carga en camión Metodología para determinar los costos de un servicio de transporte por kilómetro.
NP	No-deterministas polinómicos Una abreviación de la combinatoria que significa que no se puede encontrar un algoritmo que resuelve el problema con seguridad hasta el óptimo en un tiempo polinómico.
PCI	Potencial térmico importante Se refiere al potencial de una sustancia a generar energía en el momento de quemarla.
PIGARS	Planes Integrales Sólidos Plan de una municipalidad para el manejo eficiente y eficaz de los residuos sólidos.

⁷⁵ Pande et al. 2003, p. 351.

⁷⁶ Montgomery & Woodall 2008, p. 334.

RPN	Número de prioridad del riesgo La abreviación viene del inglés “risk priority number”. El RPN indica dentro del esquema del AMEF el orden en que los problemas necesitan atención. Más alto el RPN, más urgente es la atención del problema.
SJM	San Juan de Miraflores Distrito de Lima metropolitana.
SOAT	Seguro Obligatorio contra Accidentes de Tránsito Seguro obligatorio que ayuda a las víctimas de accidentes de tránsito que sufren lesiones corporales o la muerte.
TQM	Total Quality Management Un proceso que quiere asegurar el éxito empresarial al largo plazo a través de satisfacción del cliente.
TS	Búsqueda Tabú Metaheurística exitosa para resolver el VRP.
TSP	Problema del viajante La abreviación viene del inglés “travelling salesman problem”. El TSP es una simplificación del VRP en el sentido de que no hay una capacidad máxima del vehículo porque se supone que se trata de servicios. Además, solo hay un vehículo.
UCARP	Problemas de rutas de arcos capacitados y no dirigidos La abreviación viene del inglés “undirected capacitated arc routing problem”. Es un problema de la optimización combinatoria.
UIT	Unidad impositiva tributaria Número para calcular montos tributarios.
VRP	Problema de rutas de vehículos La abreviación viene del inglés “vehicle routing problem”. El VRP es un problema estándar de la combinatoria y describe la búsqueda de una ruta óptima de uno o más vehículos que tienen que recoger o entregar productos o personas en ciertos lugares.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis general

Con el programa de gestión diseñado se mejora el manejo de residuos sólidos en SJM.

3.2. Hipótesis específicas

H1 La separación de residuos y reciclaje de los desechos disminuyen el impacto ambiental.

H2 El diseño de la ruta de recojo, el personal y el factor humano influyen en el servicio de recojo.

H3 Siguiendo un plan de acción adecuado, se sensibiliza a la población para que maneje los desechos de una manera responsable y sostenible.

3.3. Identificación de variables

Para comprobar las hipótesis específicas, hay que establecer las variables independientes y la variable dependiente para cada uno.

1) Primera hipótesis específica

La variable dependiente es el Impacto Ambiental y las variables independientes son la Separación de los residuos y el Reciclaje de desechos ya que se busca disminuir el Impacto Ambiental a través de iniciar una Separación de residuos y el sistema de Reciclaje de desechos.

2) Segunda hipótesis específica

Para determinar qué factores influyen en el servicio de recojo, se trabaja con las variables independientes de Diseño de la ruta de recojo, el Personal y el Factor Humano. La variable dependiente es el servicio de recojo eficiente y eficaz.

3) Tercera hipótesis específica

Para poder comprobar la última hipótesis específica se usa el Plan de Acción elaborado como variable independiente y el grado de Manejo responsable y sostenible de desechos como variable dependiente.

3.4. Operacionalización de variables

Para entender mejor como se mide las variables, se presenta en seguida la operacionalización de cada una de las variables:

1) Primera hipótesis específica:

X1: Separación de residuos: Dicotómica (sí, se separa residuos o no, no se separa residuos).

X2: Reciclaje de desechos: Dicotómica (sí, se recicla desechos o no, no se recicla desechos).

Y1: Impacto ambiental: Continuo (kilogramos de desechos que se bota sin tratamiento).

2) Segunda hipótesis específica:

X1: Diseño de la ruta de recojo: Dicotómica (ruta A o ruta B).

X2: El personal: Discreta (valores de 1-3).

X3: Factor humano: Discreta (valores de 1-3).

Y1: Servicio de recojo: Continuo (medido según costos y calidad de servicio).

3) Tercera hipótesis específica:

X1: Plan de acción: Cualitativa nominal (las diferentes acciones propuestas).

Y1: Manejo responsable y sostenible de desechos: Cualitativa nominal (comportamiento de la población).

3.5. Matriz de consistencia

La matriz de consistencia que se encuentra en la Tabla 45 en el Anexo presenta un resumen de los problemas, objetivos, hipótesis, variables independientes y dependientes tanto general como específico de este trabajo.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo y diseño de investigación

El trabajo presente es una investigación aplicada ya que está dirigida hacia el análisis y la solución de problemas reales en el distrito de SJM. La parte pura también existe. El valor teórico de esta tesis se basa en que se puede aplicar los métodos y soluciones propuestos a distritos con problemáticas parecidas.

Las partes del trabajo que responden a las hipótesis uno y tres son no experimentales. Se observa el problema, las circunstancias, analiza y propone mejoras. La parte que responde a la segunda hipótesis es cuasi experimental, ya que se toma dos muestras y comprueba matemáticamente la influencia de las variables a la eficiencia del servicio de recojo. La Ilustración 15 y la Ilustración 16 muestran esto gráficamente.

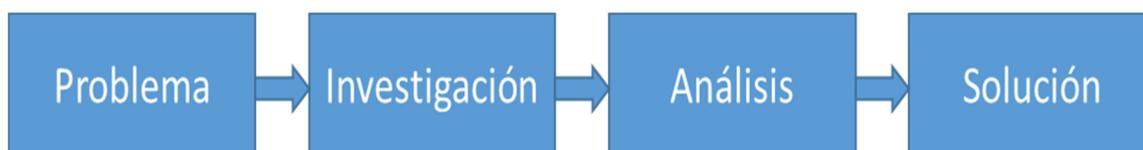


Ilustración 15: Diseño de la investigación de las hipótesis 1 y 3. Fuente. Elaboración propia.

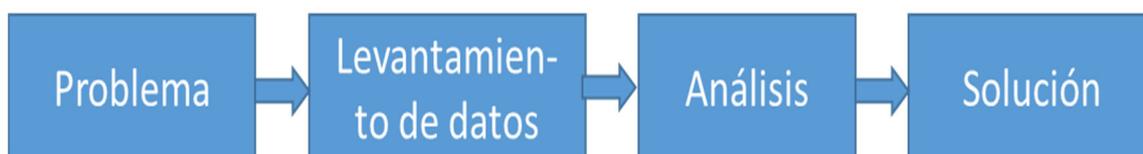


Ilustración 16: Diseño de la investigación de la hipótesis 2. Fuente. Elaboración propia.

Esta investigación se enfoca en la actualidad y por eso es transversal. Se usa únicamente datos históricos para analizar y explicar la actualidad.

El estudio es tanto cuantitativo como cualitativo. Las hipótesis uno y tres son cualitativas porque describen los datos mientras la segunda hipótesis es cuantitativa ya que incluye la cuantificación y el cálculo de los mismos.

Igualmente se divide el nivel de la tesis. La primera y tercera hipótesis son explicativas, mientras la segunda hipótesis es correlacional.

4.2. Unidad de análisis

Dentro del trabajo presente se analiza el comportamiento de los habitantes de SJM, de los administradores y trabajadores del servicio de Limpieza Pública de la municipalidad de SJM y el ciclo de vida de los desechos sólidos en SJM desde la generación hasta la deposición final.

4.3. Población de estudio

Los resultados de esta tesis son válidos para todas las zonas de SJM y con cambios pequeños también podrían valer para distritos cercanos con condiciones parecidas como por ejemplo Villa María de Triunfo.

4.4. Tamaño de muestra

Especialmente en la hipótesis dos, pero también en las otras dos hipótesis, uno se enfoca en la zona A del distrito de SJM.

4.5. Selección de muestra

Se eligió la zona A porque el material geográfico es bien elaborado para esta zona y la zona A tiene ciertas características que convienen el trabajo como puntos de interés: Cercanía a un cerro donde no se puede entrar con un camión para recoger los desechos, colegios y parques que influyen la cantidad de desechos y rejas que hay que abrir y cerrar. Además, no hay grandes influencias inesperadas en los datos porque la zona está muy cerca del depósito y es menos probable que haiga problemas en el levantamiento de datos por eventos extremos como por ejemplo un accidente que cierra el pase.

4.6. Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos para el tema del ambiente fue en su mayoría basada en lecturas e informes de la misma municipalidad. En el caso de la mejora del servicio de recojo, se realizó trabajo de campo acompañando al camión que recoge los desechos en la zona A y con el apoyo de los choferes del camión que brindaron datos adicionales. Además, se entrevistó al jefe, la supervisora y los trabajadores del servicio de Limpieza Pública de SJM. Se tuvo que acompañar al camión ya que no existían suficiente datos para los análisis requeridos. En la tercera parte de la elaboración de una cultura de manejo

sostenible de los desechos, se hizo observación directa, revisión de literatura y un análisis de datos históricos sobre las condiciones socioeconómicas de la población.

4.7. Análisis e interpretación de la información

En el caso de las hipótesis uno y tres se usan la técnica del análisis lógico mientras el análisis de la tercera hipótesis es en primer lugar estadístico usando el programa Minitab 17.

V. SOLUCIÓN PROPUESTA

Para poder analizar y solucionar el problema de la gestión del manejo de los residuos sólidos en SJM es importante conocer el distrito en que se está haciendo la investigación. Los factores como la educación, economía y la cobertura de los servicios municipales influyen en las costumbres y el comportamiento de la población. Después, se analiza los problemas encontrados en cada una de las tres fases del ciclo de vida de los desechos y propone soluciones. Finalmente, se junta las propuestas y presenta los vínculos entre ellos.

5.1. Información básica de SJM

En los años de 1950 se observó una gran migración de personas de las provincias del interior del país hacia la capital que creció rápido. El 12.01.1965 se fundó el distrito de SJM como resultado. SJM se divide en seis zonas:

- Pamplona Alta
- Pamplona Baja
- Zona Urbana (dentro de esta existen las zonas A, B, C, D y E en las que se hace la investigación con respecto a la ruta)
- María Auxiliadora
- Pampas de San Juan
- Panamericana Sur

En total, SJM tiene una superficie de 23.98 kilómetros cuadrados⁷⁷ y una población de aproximadamente 529,710 personas en el año 2016⁷⁸. La Tabla 14 muestra la distribución de la población en SJM según las seis zonas y edad.

⁷⁷ Perú c 2015, pp. 13-14.

⁷⁸ Perú b 2015, p. 6.

Edades en años	Pamplona Alta	Ciudad de Dios, Pamplona Baja	Zona Urbana	María Auxiliadora	Pampas de San Juan	Panamericana Sur	Total	%
< 1	2,120	591	934	202	1,137	789	5,773	1,59%
01-14	31,884	9,481	15,661	3,025	15,555	11,503	87,119	24,02%
15-29	36,076	11,819	19,201	4,374	22,228	14,200	107,898	29,75%
30-44	28,615	9,326	17,881	2,526	12,927	10,060	81,335	22,43%
45-65	16,734	7,393	15,101	2,524	11,012	6,266	59,030	16,28%
> 65	5,480	3,492	8,643	486	2,131	1,256	21,488	5,93%
Total	120,909	42,102	77,421	13,147	64,990	44,074	362,643	100,00%
%	33.34%	11.61%	21.35%	3.63%	17.92%	12.15%	100.00%	

Tabla 14: Población de SJM por edades y zonas en 2008. Fuente. Perú c 2015, p. 16.

Se observa que la población de SJM es muy joven, 55.37% de la población es menor de 30 años.

El nivel educativo de la población del año 2008 se muestra en Tabla 15.

Nivel educativo	Población	%
Sin nivel	23,125	7%
Educación inicial	9,309	3%
Primaria	71,098	21%
Secundaria	126,028	37%
Superior no universitario incompleto	32,668	9%
Superior no universitario completo	33,531	10%
Superior universitario incompleto	21,009	6%
Superior universitario completo	27,998	8%
Total	344,766	100%

Tabla 15: Nivel educativo de la población. Fuente. Perú b 2015, p. 9.

El porcentaje de la población que no tiene una educación que supera la primaria es con 31% alertantemente alta.

Los datos de la Tabla 14 y la Tabla 15 no coinciden en el número total de habitantes pero los porcentajes proveen una idea de las tendencias que son más importantes en este trabajo para entender el entorno de la investigación que la exactitud del número absoluto de la población.

Aparte de esto, un 16.02% de las viviendas en SJM no cuentan con un servicio de agua por la red pública dentro de la casa como se puede observar en la Tabla 16.

Categoría	Casos	%
Red pública dentro	58,739.00	83.98%
Red pública fuera	2,657.00	3.80%
Pilón de uso público	1,850.00	2.65%
Camión, cisterna	5,429.00	7.76%
Pozo	384.00	0.55%
Río, acequia	11.00	0.02%
Vecino	648.00	0.93%
Otro	224.00	0.32%
Total	69,942.00	100.00%

Tabla 16: Tipo de abastecimiento de agua en SJM en 2008. Fuente. Perú c 2015, p. 19.

Casi el mismo porcentaje (16,48%) de las viviendas tampoco cuentan con una conexión a la red pública de los servicios higiénicos dentro de la vivienda. La Tabla 17 presenta el porcentaje de las diferentes categorías de servicios higiénicos que se encontró en el año 2008 en SJM.

Categoría	Casos	%
Red pública dentro de la vivienda	58,416.00	83.52%
Red pública fuera de la vivienda	3,126.00	4.47%
Pozo séptico	2,195.00	3.14%
Pozo ciego	4,526.00	6.47%
Río, acequia	59.00	0.08%
No tiene	1,620.00	2.32%
Total	69,942.00	100.00%

Tabla 17: Tipo de servicios higiénicos en SJM. Fuente. Perú c 2015, p. 20.

En la Tabla 18 se puede apreciar que 6.56% de las viviendas de SJM no contaron con el servicio eléctrico dentro de la misma.

Categoría	Casos	%
Sí	65,351.00	93.44%
No	4,591.00	6.56%
Total	69,942.00	100.00%

Tabla 18: Abastecimiento del servicio eléctrico en SJM. Fuente. Perú c 2015, p. 20.

En resumen se puede observar que SJM es un distrito en desarrollo. Todavía hay muchas personas que viven en pobreza y la educación es en varios casos debajo del nivel de la secundaria completa, incluso hay un porcentaje de 7% de analfabetismo.

5.2. Impacto ambiental

Según el artículo No. 119.1. “Del manejo de los residuos sólidos” de la Ley General del Ambiente – Ley No. 28611 del año 2005 la gestión de los residuos sólidos domésticos es la responsabilidad de los gobiernos locales, es decir de las municipalidades de cada distrito. En la segunda parte del mismo artículo se detalla que la responsabilidad de la municipalidad es hasta la deposición final de los desechos siempre considerando los criterios de la minimización de impactos sociales y ambientales negativos.

Para poder gestionar adecuadamente el manejo de los servicios sólidos en SJM es de importancia esencial que se analice el impacto ambiental actual y se busque soluciones para efectos negativos ya que esto mejora la sostenibilidad del manejo de los residuos, evita multas por incumplimiento de leyes y asegura un mejor futuro para nuevas generaciones.

5.2.1. Generación de residuos sólidos

La gran mayoría de residuos sólidos en SJM es generada en los domicilios. En 2004 la generación domiciliaria representa un 97.52% de las 211 toneladas diarias de basura generada en SJM. La segunda fuente más grande de generación de basura son los mercados de abastos que únicamente representa un 1.36% del total de los desechos seguidos por los negocios industriales con un 0.81% y los establecimientos de salud que generan un 0.3%. Estos números muestran claramente que el tipo de basura dominante de SJM son los desechos domiciliarios⁷⁹.

⁷⁹ Perú a 2004, p. 22.

Con la ayuda de estos datos, también se puede definir la generación de desechos por persona por día que es de 0.528 kg. Este indicador ayuda a estimar la basura generada en un año que fue aproximadamente de 77.015 toneladas en 2004⁸⁰. En el año 2015 la generación per cápita promedio ha crecido hasta 0.580 kg por persona por día⁸¹.

La Ilustración 17 muestra cómo se compuso el promedio de los residuos sólidos en SJM en 2004. Se observa que un 48% de los residuos es compuesto de material orgánico. En el segundo puesto sigue con solo 10.94% residuos sanitarios como pañales, toallas higiénicas y papel higiénico. También, se observa un porcentaje considerable de plásticos no rígidos, rígidos y de plásticos.

La Ilustración 18 presenta el mismo análisis para el año 2015. La basura aún tiene porcentualmente más material orgánico, un 52.96%. En el segundo puesto siguen todavía los Residuos Sanitarios con casi el mismo porcentaje de 10.11%.

⁸⁰ Perú b 2004, p. 34.

⁸¹ Perú b 2015, p. 18.

COMPOSICIÓN FÍSICA PROMEDIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE SJM 2004

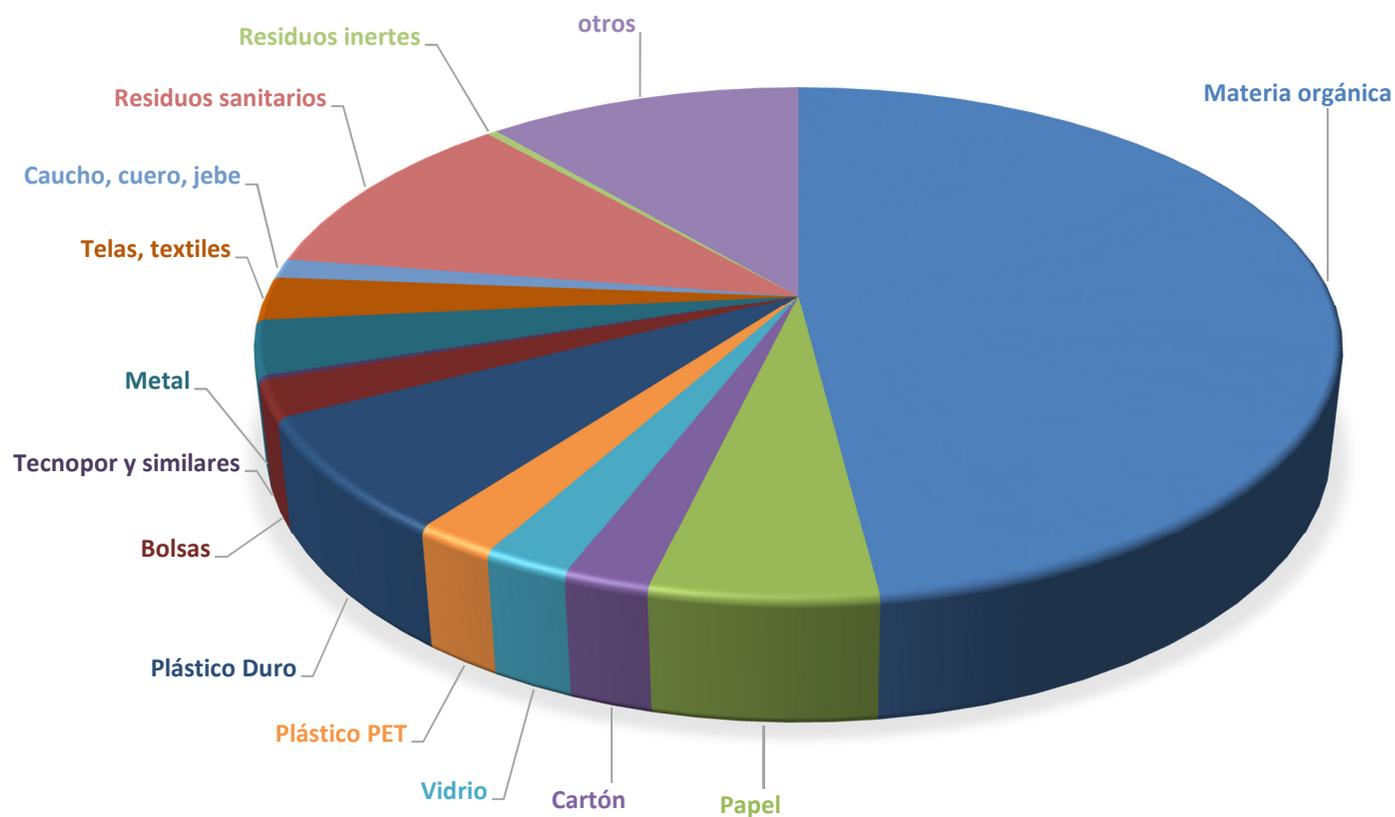


Ilustración 17: Composición física promedio de los residuos en SJM 2004. Fuente. Perú a 2004, p. 28.

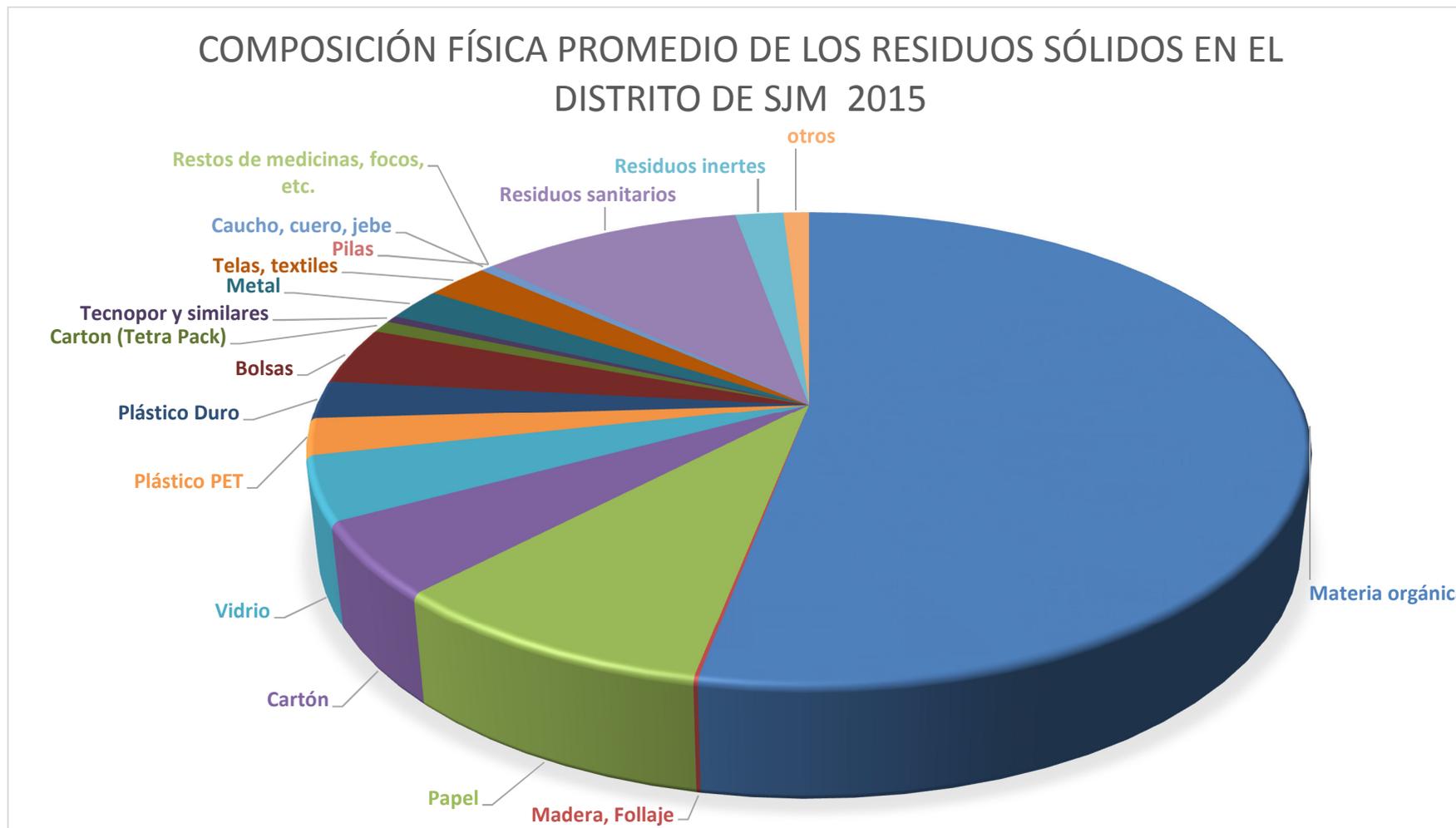


Ilustración 18: Composición física promedio de los residuos en SJM 2015. Fuente. Perú b 2015, p. 22

5.2.2. Problemas con respecto al impacto ambiental

El manejo actual de la gestión ambiental de SJM tiene varios déficits.

Uno de los mayores problemas es que el gobierno local no tiene el nivel técnico y administrativo para una gestión adecuada. Faltan ingenieros y administradores capacitados que tengan experiencia y el conocimiento teórico necesario para poder mejorar el manejo de los residuos sólidos para que sea más sostenible con respecto al ambiente⁸².

A pesar de que SJM tiene su propia planta de transferencia, no se puede usarla por falta de licencia y permisos correspondientes. La municipalidad está tramitando el saneamiento físico legal pero actualmente la municipalidad de SJM contrata la empresa Servicios Generales Rambell para transportar los desechos al relleno sanitario de Portillo Grande ubicado a aprox. 50km desde SJM en el distrito de Lurín. En la Tabla 19 se presenta el importe en Nuevos Soles que la municipalidad pagó por el transporte y la disposición final de los residuos sólidos recogidos dentro de intervalos de 15 días al inicio del año 2015 a la empresa de Servicios Generales Rambell. El costo por tonelada es de 42.00 Nuevos Soles y el promedio que se pagó es de 224,391.72 Nuevos Soles cada 15 días. Es decir, que se paga por un servicio que se podría hacer por un menor costo porque la municipalidad de SJM ya es dueño de toda la infraestructura necesaria para transportar sus desechos al relleno sanitario.

Fecha	Cantidad T.M.	Costo T.M. (S/.)	Importe (S/.)
01.01-15.01.2015	6,040.88	42.00	253,716.96
16.01-31.01.2015	5,609.30	42.00	235,590.60
01.02.-15.02.2015	5,140.36	42.00	215,895.12
16.02-31.02.2015	4,048.57	42.00	170,039.94
01.03-15.03.2015	5,391.19	42.00	226,429.98
16.03-31.03.2015	5,678.46	42.00	238,495.32
01.04.-15.04.2015	5,489.86	42.00	230,574.12

Tabla 19: Costos de Transporte y disposición final Rambell. Fuente. Perú b 2015, p. 46.

Además, las municipalidades tienen un descuento en el costo por tonelada de desechos dejado en el relleno sanitario. No se está aprovechando este

⁸² Perú b 2004, p. 21.

descuento ya que la empresa de Servicios Generales Rambell es la empresa que deja los desechos en el relleno sanitario y la municipalidad de SJM tiene que pagar a través de la empresa Rambell la tarifa normal⁸³. Es decir, que se paga demasiado por un servicio que mejor haría la misma municipalidad.

Aparte de esto, hay algunos intentos de elaboración de planes de mejora pero todavía no se ha logrado implementar un sistema de gestión adecuado⁸⁴.

Otro problema es que se recoge todos los residuos juntos sin separación de los diferentes tipos de desechos que no permite reciclar.

La municipalidad de SJM no realiza la función de reciclaje. Sin embargo, en vez de la misma municipalidad hay tres asociaciones de recicladores que reciclan principalmente plásticos y metales. Pero esta actividad solamente cubre un 30% del distrito⁸⁵ y empeora varias veces la situación ambiental en vez de mejorarla ya que los recicladores abren las bolsas y los desechos se dispersan por toda la calle (para una discusión más detallada de este punto véase “5.3.4.3. El factor humano” del trabajo presente).

Además, los desechos no reciben ningún tipo de tratamiento en el depósito final. Se trata simplemente de confinar los residuos en la menor área posible para reducir el volumen. Cada día o si fuera necesario con más frecuencia, se tapa los desechos con una capa de tierra⁸⁶.

Otro problema es que la misma población tiene una limitada cultura ambiental y poco conocimiento sobre el trato sostenible de desechos⁸⁷.

Además, la gestión deficiente de los residuos sólidos actual tampoco cumple con las leyes y normas establecidas.

- Según el artículo No. 119.2 de la Ley General del Ambiente – Ley No. 28611 se debe minimizar y prevenir los impactos sociales y

⁸³ Perú b 2015, p. 45.

⁸⁴ Perú b 2004, p. 21.

⁸⁵ Perú b 2015, p. 46.

⁸⁶ Perú b 2015, p. 45.

⁸⁷ Perú b 2004, p. 23.

ambientales negativos. Esto no se está haciendo actualmente en SJM como se ve claramente en el análisis de la matriz de Leopold en el punto “5.2.3. Principales efectos de los problemas ambientales”.

- Además, se menciona en el mismo artículo que se debe conservar los recursos naturales renovables. En SJM no hay ningún tipo de reciclaje de parte de la municipalidad y el esfuerzo de las tres asociaciones de recicladores únicamente cubre un 30% del distrito⁸⁸.
- En el artículo No. 2, inciso 22 de la Constitución Política del Perú se declara que toda persona tiene el derecho de gozar de un ambiente adecuado al desarrollo de su vida. Tampoco se está cumpliendo con esta ley más básica que está fundada en la constitución del país ya que los desechos en la calle apoyan enfermedades y la contaminación por olores y de la vista es sumamente molesta.

Aunque hasta el momento la municipalidad de SJM no se ha visto perjudicada por el incumplimiento con las leyes, el Código Penal establece penas fuertes en los artículos 304 y 307 por la contaminación del ambiente y el incumplimiento con las normas sanitarias que llegan hasta tres años de pena privativa de libertad. Por eso, es importante tomar acciones preventivas para evitar multas y penas.

5.2.3. Principales efectos de los problemas ambientales

Para poder calificar mejor la severidad y prioridad de los problemas y analizar sus efectos, se usa la matriz de Leopold. Esta matriz se usa principalmente para evaluar los impactos ambientales de proyectos de construcción. Sin embargo, la matriz resulta muy útil para ordenar los puntos, revisarlos sistemáticamente y para evitar olvidar factores.

En la Tabla 20 que presenta la matriz Leopold para el caso presente del impacto ambiental de la gestión de los desechos en el distrito de SJM, se considera cinco componentes ambientales y cuatro factores que forman parte de la gestión de los desechos.

⁸⁸ Perú b 2015, p. 46.

La emisión de malos olores es indicador para el componente atmosférico. El servicio de recojo influye en mediana magnitud y negativa la emisión de malos olores ya que varias veces las bolsas se rompen, los desechos se quedan en la calle y apestan. De la misma manera influye la falta de separación de los desechos. Todos los componentes de la basura están juntos y reaccionan entre ellos que varias veces causan fuertes olores.

El afecto sobre el agua representa el afecto hidrosférico. La falta de separación y la disposición final afectan la calidad del agua negativamente. Todos los desechos son botados juntos sin tratamiento en el relleno sanitario y solamente tapados con tierra. Algunos de estas sustancias son tóxicas y llegan a fuentes de agua subterráneas y contaminan estas. Estos afectos son muy importantes ya que el agua es una fuente de vida principal y esencial para todos los seres vivos.

La calidad del paisaje depende negativamente del servicio de recojo. El servicio actual no brinda siempre unas calles limpias. Sin embargo, mayor influencia muestra la falta de separación. Animales que están buscando alimentos rompen las bolsas y de paso se dispersan otros desechos que son fácilmente distribuidos por el viento como papeles o plásticos.

El componente antroposférico se divide en dos indicadores específicos. La felicidad de los vecinos que define la calidad de vida es afectada negativamente por el servicio de recojo que varias veces es insuficiente y no confiable. El único efecto positivo en la matriz es causado por la falta de separación que influye a la felicidad de los vecinos. Es más fácil para la población botar todos los desechos juntos sin preocuparse por la identificación y separación de la basura. Además, una separación de desechos implicaría días de recojo distintos para cada tipo de basura que complicaría la vida.

Componente ambiental	Indicador		Factores de residuos sólidos											
	Ambiental genérico	Indicador específico	Servicio de recojo		Falta de separación		Falta de reciclaje		Disposición final		Promedios positivos	Promedios negativos	Impacto por subcomponente	Impacto total
			Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia				
Atmosférico	Calidad del aire	Emisiones de malos olores	-3	3	-3	2						2	-15	-122
Hidrosférico	Calidad	Agua			-3	3			-3	5		2	-24	
Paisajístico	Calidad visual	Calidad paisaje	-2	2	-4	3						2	-16	
Antroposférico	Calidad de vida	Felicidad en el vecindario	-3	2	2	2					1	1	-2	
	Salud	Enfermedades	-4	5								1	-20	
Sostenibilidad	Desperdicio	Cantidad recursos naturales					-5	4	-5	5		2	-45	

Tabla 20: Matriz de Leopold. Fuente. Elaboración propia.

La sostenibilidad de los recursos naturales es afectada de la manera más negativa en toda la matriz. Debido a la falta de reciclaje el consumo de recursos naturales es inmenso y crece globalmente día por día. Si no se recicla, generaciones futuras van a sufrir por la escasez de recursos naturales. También, la disposición final que se está usando en SJM hace un cuidado ambiental sostenible imposible ya que el lugar donde se guarda la basura está contaminado por años y no puede ser usado por ejemplo para vivir.

El segundo paso de la metodología de la matriz de Leopold es el análisis de la significancia y calificación de impactos. La Tabla 21 presenta el resultado de este análisis.

Determinación de impactos						
Impacto	Extensión	Sinergia	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Significancia
Contaminación por malos olores	1	1	1	1	1	8
Contaminación del agua por falta de tratamiento	3	3	3	3	2	22
Contaminación visual por desechos en la calle	1	1	1	1	1	8
Descontento de los vecinos	1	1	1	1	1	8
Enfermedades	3	3	1	1	1	14
Insostenibilidad de recursos naturales	3	2	3	3	3	23

Tabla 21: Determinación de impactos. Fuente. Elaboración propia.

La contaminación por malos olores es en comparación baja ya que sus afectos son fácilmente corregibles y no permanentes. Lo mismo se puede decir de la contaminación visual y el descontento de los vecinos.

Un impacto más fuerte se registra por las enfermedades. Ellas son contagiosas y pueden impactar a personas fuera de SJM. Además, tienen un fuerte afecto a la calidad de vida de las personas y sus ingresos económicos. Una enfermedad significa tanto gastos en medicinas y citas médicas como

una falta de ingresos por tener que dejar de trabajar en el caso de trabajadores independientes.

Un impacto negativo severo presenta la contaminación del agua por falta de tratamiento. Este factor tiene amplios efectos también fuera de SJM, es muy difícil de corregir y es la causa de otros problemas como enfermedades.

El peor impacto ambiental se registra en el uso irresponsable de los recursos naturales que resulta en un desperdicio que afecta futuras generaciones e incluso promueve el cambio climático a largo plazo.

5.2.4. Propuesta de mejora

Para poder enfrentar los problemas descubiertos, se propone 5 proyectos de mejora:

- 1) Capacitación del personal administrativo
- 2) Separación de residuos sólidos domésticos
- 3) Compostaje de los desechos orgánicos
- 4) Mejoras en el transporte y deposición final de los desechos inorgánicos
- 5) Capacitación de la población

Se elabora planes concretos según el modelo usado en López Rivera (2009) para que las medidas sean efectivas y eficientes y no se queden solamente en los papeles. Estos planes definen el fin / impacto del proyecto. Estos fines deben ser bien formulados y tener una gran influencia para que los encargados sientan la importancia del proyecto. El propósito directo describe más detalladamente que exactamente se busca lograr. Esto incluye un resumen narrativo para explicar la idea y la nominación de indicadores que se puede verificar objetivamente. Tanto esto como los medios de verificación son importantes para asegurar un control de los proyectos y mantener el personal motivado mostrando los avances y logros. Además, hay que considerar los riesgos y supuestos para que el proyecto no sea perjudicado por problemas no esperados. Los componentes son complementados por las actividades para que también se definan las categorías de indicadores y riesgos. Otra parte importante son los costos estimados que ayudan a asegurar el presupuesto necesario para poder cumplir el plan y la denominación de los involucrados.

Es esencial denominar encargados para que haiga personas que sean responsables y pueden reportar de los avances / problemas. Aparte de esto, se define el plazo del proyecto para que el horizonte temporal también esté claro. En seguida se presenta los cinco proyectos.

5.2.4.1. Capacitación del personal administrativo

El fin de este proyecto es crear la base para mejorar los problemas encontrados en la matriz de Leopold y mencionados anteriormente. Este proyecto que es resumido en la Tabla 22 es una suposición para los otros cuatro proyectos. Además, se busca evitar multas por incumplimiento de leyes y normas legales. El efecto directo de profesionales capacitados es que la administración en general sea más simple, fluido y que ocurren menos errores. Por eso, se crea ahorros que al largo plazo van a superar los costos iniciales de la capacitación del personal. Para tener una medida cuantificable se usa auditorias del departamento y la comparación de los resultados para contabilizar los problemas y errores administrativos encontrados. Un riesgo de este proyecto es que el personal que está capacitado decide cambiarse de trabajo y la municipalidad se queda otra vez con personal no capacitado y pierde básicamente la inversión.

Por eso, se sugiere incluir un tiempo mínimo para que el personal deba seguir trabajando en la municipalidad en el contrato antes de mandar a la persona a la capacitación. Para que la capacitación sea duradera y siempre del estado más actual de la investigación, se debe hacer un convenio con una universidad que es reconocida y cerca de ubicación al centro laboral para que también se facilite el tiempo de capacitación a los trabajadores. Si se busca un convenio en vez de mandar simplemente a los trabajadores a estudiar, se tiene ventajas monetarias y se beneficia si estudiantes universitarios por ejemplo apoyan en los proyectos o analizan problemas de la municipalidad como parte de su educación universitaria. Es importante que lo aprendido sea aplicado en el trabajo. El riesgo es que los trabajadores están cómodos en sus cargos y deberes actuales y evitan proyectos que les crean más trabajo. Una manera de evitar estos problemas es controlar los avances y los ahorros que se ha creado.

Fin - Impacto	Creación de una base para poder mejorar los problemas encontrados en el distrito. Evitar multas por incumplimiento de las leyes respectivas y ahorro por buena administración.			
	Resumen narrativo	Indicadores verificables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos (riesgos)
Propósito – efecto directo	Administradores y encargados capacitados que manejan el departamento de Limpieza Pública con cuidado evitando perjuicios por faltas administrativas y crear ahorros por buena gestión.	1) Problemas y errores administrativos encontrados 2) Cantidad de dinero ahorrado	1) Auditoria del departamento 2) Comparación de los resultados contables con años anteriores y distritos parecidos	1) Una vez capacitados, los administradores son llamados a otros departamentos 2) Falta de apoyo de la gerencia para realizar los cambios
Componentes	1) Capacitaciones en convenio con una universidad 2) Aplicar lo aprendido en el departamento de Limpieza Pública	1) Evaluaciones del trabajo de los empleados por supervisores + entrevistas 2) Errores administrativos y cantidad de dinero ahorrado	1) Reportes 2) Auditoria del departamento	1) Resistencia al cambio de los empleados
Actividades	1) Elección de administradores adecuados para las capacitaciones 2) Establecer un convenio con una universidad			
Costos				Nuevos Soles
	1) Capacitaciones en convenio con una universidad			
	Pagos universitarios (para 10 personas a 1000.00 Nuevos Soles)			10,000.00
	2) Aplicar lo aprendido en el departamento de Limpieza Pública			0.00
	Total			10,000.00
Involucrados	Jefe de Limpieza Pública, Representantes de la Universidad, Administradores			
Plazo	Corto Plazo (mitad de 2016)			

Tabla 22: Proyecto 1, capacitación del personal administrativo. Fuente. Elaboración propia.

Además, la elección de los trabajadores que se apoya con una formación adicional debe ser hecha cuidadosamente tomando como referencia los reportes de los superiores y entrevistas personales.

Los costos del proyecto son dominados por los pagos a la universidad. Se propone mandar primero 10 personas y gracias al convenio esperado con la universidad se estima que los costos de la capacitación que dura un ciclo no superan los 1,000 Nuevos Soles por persona.

Los involucrados son el Jefe de Limpieza, el encargado de las negociaciones con la universidad y los administradores que participan en la capacitación.

Se espera poder realizar el proyecto al corto plazo ya que no necesita mucha planificación de antemano. En la mitad del año presente se puede haber terminado con el proyecto.

5.2.4.2. Separación de residuos sólidos domésticos

Una vez que el personal administrativo está capacitado, se puede empezar con otros proyectos de mejora como la separación de residuos sólidos domésticos. La Tabla 23 presenta el resumen del proyecto.

Este proyecto tiene como fin hacer el primer paso hacia un manejo sostenible de los recursos naturales. Se busca facilitar el reciclaje ya que los desechos ya están clasificados, disminuir los desperdicios de los recursos que normalmente terminarían en un relleno sanitario sin uso y mejorar la contaminación visual por una disminución de desechos en las calles.

El efecto del proyecto debe ser que los habitantes al inicio clasifican sus desechos domésticos en basura orgánica e inorgánica. En otros países se decide entre más categorías de desechos como papeles y plásticos pero hasta el momento se considera que es más conveniente diferenciar solamente entre basura orgánica e inorgánica porque se ha visto claramente que aproximadamente la mitad de todos los desechos domésticos son orgánicos. Es decir con la separación de los desechos orgánicos ya se disminuye la cantidad botada en el relleno sanitario por la mitad ya que se planifica compostar la basura orgánica en una planta propia de SJM.

Fin - Impacto	Iniciar con un manejo sostenible de los recursos naturales, disminución del desperdicio y facilitación del reciclaje. Disminución de la contaminación visual por desechos en la calle.			
	Resumen narrativo	Indicadores verificables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos (riesgos)
Propósito – efecto directo	Clasificación y separación de los residuos por parte de los habitantes dentro de sus hogares en dos categorías: Basura orgánica e inorgánica. Materiales inorgánicos ya no son dispersados en las calles por perros que rompen bolsas en la búsqueda de comida.	1) Cantidad de basura separada 2) Hogares que separan los residuos sólidos 3) Clasificación correcta por parte de los vecinos 4) Cantidad de basura en las calles	1) Pesaje de los camiones 2) Registro de hogares que reciben servicio 3) Monitoreo por los ayudantes 4) Monitoreo por la supervisora	1) Capacidad administrativa para manejar el cambio
Componentes	1) Capacitación e información de los habitantes para que puedan clasificar y separar los residuos 2) Distribución de bolsas orgánicas 3) Programación del servicio de recojo para recoger los diferentes desechos en diferentes días	1) Número de vecinos capacitados 2) Número de bolsas distribuidas 3) Ruta y rotación programada	1) Lista de asistencia en capacitaciones 2) Registro interno + Revisión visual por la supervisora y encuestas con la población 3) Plan operativo de la municipalidad	1) Falta de interés de los habitantes 2) Uso inapropiado de bolsas, robo 3) Falta de comunicación de los nuevos itinerarios
Actividades	1) Planificar y tener aprobado el presupuesto 2) Identificar una zona para un proyecto piloto 3) Contratar un facilitador de la zona que es un líder de opinión y pueda convencer a la gente de la zona 4) Planificar los componentes más detalladamente			
Costos				Nuevos Soles
	1) Capacitación e información de los habitantes para que puedan clasificar y separar los residuos			
	Sueldo por un mes de una persona capacitada + facilitador			4,000.00
	Materiales (Volantes, tolo etc.)			1,000.00
	2) Distribución de bolsas orgánicas			
	Compra de bolsas orgánicas			1500.00
	3) Programación del servicio de recojo para recoger los diferentes desechos en diferentes días			
	Mano de obra			0.00
Total			6,500.00	
Involucrados	Jefe y supervisora de la Limpieza Pública, facilitador, habitantes			
Plazo	Mediano plazo (mitad de 2017)			

Tabla 23: Proyecto 2, separación de residuos sólidos domésticos. Fuente. Elaboración propia.

Esto significa un ahorro de la mitad de los costos de transferencia y deposición final de la cantidad actual. Otro punto que apoya la separación en únicamente dos categorías es que la población todavía no está acostumbrada a la separación de desechos. A pesar de que hay unos proyectos piloto de separación de basura como en el tren eléctrico de Lima o en universidades, la mayoría de los habitantes no está familiarizada con la separación y para empezar es una distinción fácil entre desechos orgánicos e inorgánicos. Además, todavía no hay muchas oportunidades de tratar los desechos por separado. La gran mayoría de los rellenos sanitarios que hacen un tratamiento de los desechos no decide entre papeles, plásticos y otros desechos. Además, los perros ya no tienen una razón para romper las bolsas con basura inorgánica ya que están buscando comida que únicamente encuentran en las bolsas con basura orgánica. Esto no significa que los perros ya no abren las bolsas pero por lo menos, hay menos papeles y otros materiales ligeros que se dispersan por las calles.

Para poder medir el éxito de este proyecto, se mide la cantidad de basura separada que se junta. Además, se pide a los ayudantes monitorear si la población acepta el cambio y separa los residuos correctamente. La supervisora monitorea la cantidad de desechos dispersados en las calles.

Un supuesto indispensable para este proyecto es la capacidad administrativa para liderar el cambio que se espera haber asegurado con el proyecto 1, la capacitación del personal administrativo.

Para que la población pueda separar la basura correctamente, se debe informar y capacitar. Se debe hacer stands en eventos sociales informando y entregando volantes que explican qué residuos sólidos son orgánicos y cuáles no. Para que los residuos orgánicos no estén juntados en bolsas de plástico, se regala bolsas orgánicas a los vecinos. Esto es importante para que no se mezcle plástico con los desechos orgánicos. Además, los camiones siempre deben tener más bolsas orgánicas para poder abastecer a los vecinos si se acaban las bolsas. También, hay que reorganizar el servicio de recojo ya que habrá días en que se recoge los desechos orgánicos y otros días para recoger los desechos inorgánicos. Ya que los desechos inorgánicos son en

comparación con los desechos orgánicos menos apestosos y atraen menos bichos, se recoge los desechos inorgánicos una vez por semana y las otras veces se recoge los desechos orgánicos.

Para medir el éxito del proyecto, se cuenta la cantidad de vecinos capacitados y bolsas orgánicas distribuidas a través de las listas de asistencia y los registros de distribución. La ruta y la rotación programada se aseguran por el plan operativo de la municipalidad.

Los riesgos de este proyecto son la falta de interés de los vecinos, el uso inapropiado de las bolsas orgánicas o el robo de las mismas para revenderlas o uso para otras ocasiones. Además, podría ser que no se ha comunicado bien los nuevos itinerarios de recojo y la población deja la basura equivocada.

Para que el proyecto sea exitoso, hay que planificar el proyecto más detalladamente y tener un presupuesto aprobado. Se debe identificar una zona para un proyecto piloto. De esta manera, se puede aprender del proyecto y el cambio será más fácil para las zonas que siguen. Para que el trabajo con la población sea más cercano se contrata a un facilitador de la zona que conoce a la mayoría de las personas y es un líder de opinión así se cuenta con más apoyo.

Los costos para la capacitación consisten en primer lugar del sueldo del facilitador y de una persona capacitada que trabaja con los vecinos y distribuye material que ayuda a explicar los cambios. Además, hay que comprar las bolsas orgánicas y planificar el cambio en el servicio de recojo. No se asigna costos a la planificación del cambio de servicio de recojo ya que no toma mucho tiempo y está dentro del sueldo que los administradores reciben normalmente.

Los dos involucrados principales son el jefe y la supervisora de la Limpieza Pública. Ellos planifican los detalles, eligen y contratan el facilitador y la persona capacitada que trabaja con los vecinos. Además, apoyan el cambio. El facilitador y los vecinos son también afectados ya que ellos son los que finalmente hacen la separación de los desechos.

Este cambio es planificado para el mediano plazo, es decir para la mitad del año 2017. Así, ya se cuenta con personal administrativo que puede liderar el cambio y hay tiempo para planificar las campañas e imprimir los materiales.

5.2.4.3. Compostaje de los desechos orgánicos

El fin del tercer proyecto que se encuentra resumido en la Tabla 24 es establecer un uso sostenible de los recursos naturales que también significa un ahorro de dinero, la reducción de enfermedades y la mejora de la calidad de vida.

Esto se quiere lograr a través del compostaje de los residuos orgánicos. Si se compostan los residuos, se disminuyen los costos de transporte ya que el terreno donde se hace el proceso de compostaje estará ubicado en el mismo distrito. Además, disminuyen los costos totales para la deposición final de los desechos ya que el pago al relleno sanitario es según el peso y los desechos orgánicos representan aproximadamente la mitad de los desechos así que se ahorra más o menos la mitad de los costos que se gasta hoy en día por la deposición final. Después del proceso de compostaje se posee un fertilizante valioso que se puede usar para crear áreas verdes.

Estas áreas verdes disminuyen el polvo en el aire que mejora la calidad de vida y baja el número de enfermedades respiratorias como el asma.

Los indicadores para asegurar este cambio son la cantidad de basura compostada que se puede medir a través del pesaje de los camiones que dejan los desechos y la cantidad de fertilizantes ganados que se puede medir a través del pesaje de los camiones que sacan el fertilizante. Además, se puede medir la cantidad de dinero ahorrado en comparación con el año pasado. Este cálculo tiene que ser porcentual ya que la cantidad de desechos crece continuamente y los datos absolutos no serían comparables. Finalmente también hay que medir el número de proyectos que se ha realizado usando el fertilizante.

Fin - Impacto	Establecer un uso sostenible de los recursos naturales que ahorra dinero, reduce las enfermedades, mejora la calidad de vida y cumple con las leyes.			
	Resumen narrativo	Indicadores verificables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos (riesgos)
Propósito – efecto directo	Compostaje de los residuos orgánicos en SJM, disminución de los costos de transporte y deposición final de los desechos, creación de un ambiente más saludable y mejora de la calidad de vida.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Cantidad de basura compostada 2) Cantidad de fertilizante ganado 3) Dinero ahorrado 4) Proyectos realizados con fertilizantes 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pesaje de los camiones que dejan los desechos 2) Pesaje de los camiones que sacan el fertilizante 3) Cálculo de los costos de transporte y deposición final de desechos del año presente y el año pasado 4) Número de proyectos 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Los desechos no fueron bien separados -> basura inorgánica termina en el compostaje y contamina el fertilizante 2) Hay bichos en el compostaje
Componentes	<ol style="list-style-type: none"> 1) Creación de un ambiente adecuado para el compostaje dentro de SJM 2) Capacitación del personal 3) Promoción de las ventajas del compostaje dentro de la población para que apoyen el proyecto 4) Coordinación con los encargados de cuidado de parques y áreas verdes para el uso adecuado del compostaje 5) Creación de procesos, políticas y control 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Normas nacionales e internacionales para un funcionamiento correcto de un centro de compostaje 2) Conocimiento del personal 3) Número de habitantes consientes e informados 4) Número de proyectos realizados con éxito usando el fertilizante 5) Oportunidades sin procesos, políticas o control que ocurren 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Certificación 2) Examen al final de la capacitación y el éxito del centro 3) Lista de asistencia a las capacitaciones 4) Estadísticas de los controles 5) Encuestas del personal 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Resistencia de los vecinos cercanos del centro de compostaje
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1) Planificar y tener aprobado el presupuesto 2) Identificar una zona para el centro de compostaje 3) Planificar los componentes más detalladamente 4) Hacer benchmarking en otros centros de compostaje 			

Costos		Nuevos Soles
	1) Creación de un ambiente adecuado para el compostaje dentro de SJM	
	Asignación de un terreno de la municipalidad de SJM en SJM	1,000.00
	Edificios y construcciones	2,000,000.00
	2) Capacitación del personal	
	Sueldo anual de dos personas que trabajan en el centro de compostaje	21,000.00
	Capacitación (sueldo por 2 semanas de una persona capacitada)	1,250.00
	3) Promoción de las ventajas del compostaje dentro de la población para que apoyen el proyecto	
	Materiales (Volantes, toledo etc.)	1,000.00
	4) Coordinación con los encargados de cuidado de parques y áreas verdes para el uso adecuado del compostaje	
	Costos de oportunidad por horas de trabajo invertido	250.00
	5) Creación de procesos, políticas y control	
	Costos de oportunidad por horas de trabajo invertido de dos personas por un mes	4,000.00
	Equipos para la documentación y el control (computadoras)	2,000.00
	Total	2,030,500.00
Involucrados	Alcalde de SJM, Jefe y supervisora de la Limpieza Pública, habitantes	
Plazo	Mediano plazo (inicio de 2018)	

Tabla 24: Proyecto 3, compostaje de los desechos orgánicos. Fuente. Elaboración propia.

En este proyecto, los riesgos son más grandes que en los otros proyectos ya que fácilmente basura inorgánica puede terminar en la basura orgánica que no puede ser compostada y se tiene los mismos problemas de antes y tampoco se puede usar el fertilizante creado. Otro riesgo es que la gran cantidad de restos orgánicos atrae a bichos, ratas y otros insectos que fomentan las enfermedades. Para evitar esto, se debe construir los contenedores de una manera que hace imposible que entren ratas y que también se puede tapar los compostadores para que los malos olores no molesten a los habitantes cercanos y los trabajadores.

Para realizar el proyecto, primero hay que crear un ambiente adecuado para el proceso de compostaje dentro de SJM. Hay que tener en cuenta las necesidades mencionadas anteriormente para evitar los riesgos de infecciones y malos olores. También, hay que capacitar al personal para que conozcan las reglas de funcionamiento de un centro de compostaje y las reglas sanitarias. Luego hay que asegurar el apoyo de la población con respecto al compostaje para que colaboren. Otro componente importante es la coordinación de los encargados del compostaje con los encargados de las áreas verdes para que se puede aprovechar del fertilizante al máximo. Y por último también hay que crear políticas, procesos y controles para asegurar un funcionamiento sin problemas.

Para asegurar que el centro de compostaje cumple con las reglas necesarias a nivel nacional e internacional se debe conseguir un certificado del centro. La prueba de una capacitación exitosa del personal será un examen al final de la capacitación y el éxito del proyecto. Con respecto a los habitantes, se cuenta las firmas de asistencia a las charlas de los habitantes para tener una medida del porcentaje de la población informada. El número de proyectos realizados con el fertilizante se cuenta según las estadísticas. En el caso de las políticas y procesos se cuenta las oportunidades en las que no hubo una norma adecuada y realiza encuestas con el personal para encontrar las debilidades del sistema y mejorarlo.

El mayor riesgo que se estima en esta ocasión es la resistencia de los vecinos cercanos al terreno que se quiere usar como centro de compostaje ya que los vecinos van a estar preocupados por una molestia por bichos y olores.

Las actividades más detalladas para poder realizar el proyecto son la aprobación de un presupuesto, la identificación de una zona adecuada para construir y operar el centro de compostaje, la planificación más detallada de cada uno de los componentes y hacer benchmarking de otros centros de compostaje para no cometer los mismos errores que ellos ya han enfrentados y solucionados.

Con respecto a los costos se supone que la municipalidad de SJM cuenta con un terreno adecuado para poder construir el centro. Sin embargo, se asigna costos de 1,000.00 Nuevos Soles a la asignación del terreno ya que los trámites legales cuestan y también se va a tener que contratar a un abogado para asegurar que todo está hecho correctamente. El costo principal es causado por la construcción de las instalaciones del centro que se estima de 2,000,000.00 Nuevos Soles. También, hay que pagar a dos trabajadores que cuiden y trabajan en el centro. Se toma en cuenta su sueldo y una corta capacitación de dos semanas. Para la promoción y publicación del proyecto se asigna el mismo presupuesto como en el proyecto 2 para la impresión de material entre otros. Diferente al caso anterior, esta vez se asigna costos a la coordinación entre los diferentes áreas para que se aproveche al máximo el fertilizante ganado en el centro de compostaje ya que este tiempo normalmente sería usado para otro asunto. Por eso, se trabaja con costos de oportunidad reflejados por el sueldo por horas que los trabajadores están ocupados con una tarea adicional que antes no existía. El costo para la creación de procesos y políticas consiste del equipamiento como computadoras y la mano de obra. El presupuesto total de este proyecto es el más grande con 2,031,500.00 Nuevos Soles.

Para aprobar un presupuesto de este monto, se requiere la aprobación del alcalde de SJM. Otros involucrados son el jefe y la supervisora de la Limpieza Pública y los habitantes.

Este proyecto tiene un mediano plazo y debe ser terminado al inicio de 2018. Así se tiene suficiente tiempo para construir los edificios correctos y empezar a operar el centro.

Tanto este punto como el que sigue son básicos para el cumplimiento de las leyes y evitar multas.

5.2.4.4. Mejoras en el transporte y deposición final de los desechos inorgánicos

El fin del cuarto proyecto que se encuentra en la Tabla 25 es mejorar el transporte de los desechos inorgánicos en el sentido de simplificarlo y hacer lo más económico. Además, se desea encontrar una mejor alternativa que enterrar la basura sin tratamiento para que el agua y el ambiente ya no estén perjudicados.

Para lograr estas metas, se debe retomar la operación de la estación de transferencia de SJM que ya existe. Con la ayuda de esta estación se puede transportar los desechos a otra planta de tratamiento como por ejemplo el relleno sanitario Huaycoloro en San Antonio de Huarochirí. Esta planta cumple con todos los requisitos del Protocolo de Kioto y reduce por ejemplo los efectos del gas invernadero, el Metano CH₄ que destruye hasta que solamente esté CO₂ que es mucho menos dañino que el CH₄.

El indicador para verificar si se logra estas metas es el grado de contaminación causado por los desechos tratados que se puede verificar fácilmente por las certificaciones que tiene la planta.

El único riesgo serían los costos escondidos para reusar la planta propia de transferencia. Por ejemplo, se podría encontrar debilidades en el suelo de la planta que significan una amenaza y se tendría que invertir una cantidad inesperada de dinero adicional.

Fin - Impacto	Mejorar el transporte y la deposición final de los desechos inorgánicos para ahorrar dinero, mejorar la calidad del agua y la protección del ambiente.			
	Resumen narrativo	Indicadores verificables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos (riesgos)
Propósito – efecto directo	Se usa la propia estación de transferencia y ya no hay que tercerizar este servicio. Los desechos ya no terminan sin tratamiento en depósitos y contaminan el agua sino son tratados y se minimiza el daño al ambiente.	1) Grado de contaminación causado por desechos tratados	1) Certificados de la planta de tratamiento	1) Costos escondidos para reusar la planta de transferencia
Componentes	1) Retomar la operación de la planta de transferencia 2) Cambio de lugar de la deposición final de los desechos inorgánicos a donde reciben un tratamiento adecuado	1) Cumplimiento con leyes 2) Contaminación causada por los desechos	1) Conjunto de leyes aplicables 2) Certificados de la planta de tratamiento	1) Costos elevados de la deposición final en comparación con los costos actuales
Actividades	1) Saneamiento de las faltas administrativas para retomar las operaciones de la planta 2) Renunciar al contrato con la empresa de deposición actual 3) Búsqueda de una planta de tratamiento 4) Contrato con la planta adecuada			
Costos				Nuevos Soles
	1) Retomar la operación de la planta de transferencia			
	Saneamiento de las faltas administrativas			20,000.00
	2) Cambio del lugar de la deposición final de los desechos inorgánicos donde reciben un tratamiento adecuado			
	Búsqueda de una planta de tratamiento			500.00
	Hacer el contrato con la planta adecuada			1,000.00
	Total			21,500.00
Involucrados	Alcalde de SJM, Jefe de Limpieza Pública			
Plazo	Mediano plazo (fines de 2018)			

Tabla 25: Mejoras en el transporte y deposición de desechos inorgánicos. Fuente. Elaboración propia.

El proyecto solamente cuenta con dos componentes que son la retoma de las operaciones de la planta de transferencia y el cambio de lugar de la deposición final de los desechos inorgánicos a un lugar donde la basura recibe un tratamiento adecuado. En estas tareas siempre se debe tener en cuenta el cumplimiento de leyes y el impacto ambiental causado por los desechos. Un riesgo en este proyecto es que la deposición final en un relleno sanitario donde los desechos reciben un tratamiento es más caro que la solución actual y por eso, se tiene costos elevados. Pero en todos los proyectos presentados siempre se trata también ahorrar dinero para que se puede financiar la deposición final más cara.

Aunque los componentes parecen simples, involucran varias actividades como el saneamiento de las faltas administrativas por las que la planta de transferencia no puede ser usada. Además, hay que renunciar al contrato con la empresa que está encargada actualmente con la deposición final. Esto hay que hacer con la debida anticipación para evitar multas o doble pagos. Aparte de renunciar a la empresa actual, también hay que buscar una nueva empresa como el relleno sanitario Huaycoloro mencionado anteriormente y firmar un contrato con aquella.

El costo principal de este proyecto es del saneamiento de los errores administrativos que también involucra multas. Otros costos son causados por la búsqueda de un relleno sanitario alternativo y la firma del contrato. Costos que no se ha considerado en este cuadro son los costos elevados de la nueva forma de la deposición final. En este momento es muy difícil calcular los costos ya que todavía no se ha hecho los cambios necesarios como la separación de basura y el compostaje por medios propios que cambian los costos corrientes de forma radical.

Los involucrados son el alcalde de SJM y el jefe de la Limpieza Pública. El plazo del proyecto es mediano, para fines de 2018 ya que se necesita tiempo para evaluar las opciones y tampoco es bueno hacer demasiados cambios a la vez para que no se pierda el enfoque y control de los proyectos.

5.2.4.5. Capacitación de la población

El último proyecto es la capacitación de la población. Este proyecto no se detalla en este momento ya que se va a incluir los puntos importantes para el cuidado del ambiente también en el punto “5.4.3. Plan de acción” que trata de un plan de acción para sensibilizar la población para un manejo sostenible de los desechos.

5.3. Gestión del servicio de recojo

5.3.1. Mapa de proceso

Para poder mejorar el servicio de recojo de residuos sólidos es importante tener un conocimiento profundo del mismo. Se recomienda visualizar el proceso. Para esto se convida un mapa de procesos que es una herramienta visual que facilita entender el proceso y da un buen resumen de los pasos claves. La Ilustración 19 es el mapa de proceso para el servicio de recojo de la municipalidad de SJM.

El proceso de recojo se puede dividir en tres fases según su ubicación. La primera fase es la de la preparación inicial que se hace en el depósito de camiones en SJM. Después, se recoge los desechos y paralelamente se controla el servicio. Esta fase se desarrolla en las calles del distrito de SJM. En la última fase, la tercera fase, se bota los desechos en el vertedero en Villa el Salvador.

La primera fase de preparación inicial comienza con la llegada del personal al depósito y la marcación de su entrada. El sistema de marcación es manual en forma de tarjetas. Cuando la supervisora ve que un chofer ingresa al depósito, ella asigna un camión y una ruta a este chofer. La supervisora anota esta información manualmente en una hoja de ruta y entrega la hoja al chofer. En seguida, la supervisora asigna los ayudantes al camión mientras el chofer va al camión indicado. El chofer del turno anterior del camión asignado hace una breve entrega del camión al chofer del siguiente turno. En este momento, el chofer anterior indica al nuevo chofer en qué estado se encuentra el camión. Estas indicaciones se dan verbalmente.

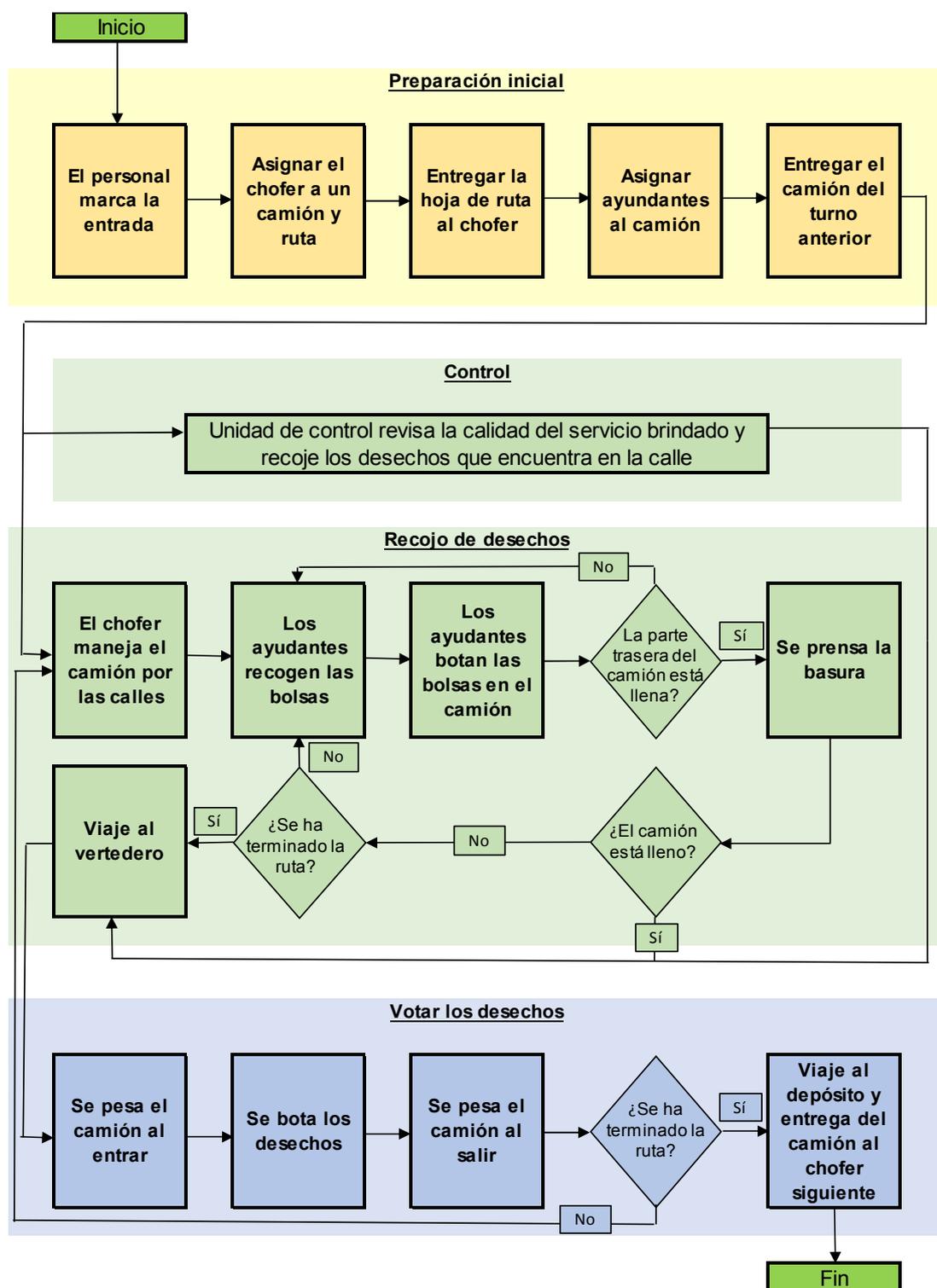


Ilustración 19 Mapa del proceso de recojo de desechos. Fuente. Elaboración propia.

Después, inicia la segunda fase, la fase de recojo de desechos. El chofer maneja el camión por las calles de las zonas que le fueron asignadas. No hay una ruta fija sino el mismo chofer decide el orden de las calles por donde pasa. Estas decisiones son basadas en experiencia propia del chofer o experiencia de los ayudantes. Mientras el camión pasa por las calles, los ayudantes

recogen las bolsas de desechos que los vecinos han dejado en la vereda delante de sus casas en ambos lados de la calle. Los ayudantes botan estas bolsas en la parte trasera del camión de basura. Estos dos pasos se repiten hasta que la parte trasera del camión parece llena y se prensa la basura. Normalmente los ayudantes avisan al chofer cuando se debe prensar pero algunas veces el chofer también toma la decisión de prensar. Estos tres pasos se repiten hasta que el camión esté lleno o se termina la ruta. Si el camión está lleno o se ha terminado la ruta, el camión viaja al vertedero ubicado en el distrito de Villa el Salvador.

Durante la fase de recojo de desechos, la unidad de control de servicios, una camioneta manejada por la supervisora, recorre las calles de todas las zonas en las que este turno recoge la basura. La supervisora controla que los choferes y ayudantes trabajan de la manera correcta y asegura la calidad del servicio brindado. Si ella encuentra desechos no recogidos en las calles tiene la opción de recogerlos ella misma con la camioneta o en el caso de grandes cantidades puede mandar al camión para que vaya otra vez por la calle.

En la tercera fase, la fase de botar los desechos, se pesa el camión al entrar al vertedero en Villa el Salvador. Después, se bota los desechos en el vertedero y se vuelve a pesar el camión a la salida del vertedero. Así se determina el peso de los desechos que se ha botado en el vertedero. Si ya se había terminado recoger la basura de las zonas asignadas, el camión regresa al depósito y el chofer hace la entrega del camión al chofer siguiente. Si falta recoger desechos, el camión vuelve a la fase dos y sigue recogiendo los desechos. Los ayudantes también acompañan el camión durante la última fase de botar los desechos. El servicio termina en el depósito.

5.3.2. AMEF del servicio de recojo

Después de tener una idea clara del proceso, hay que analizarlo para encontrar los puntos críticos. Una herramienta conocida que se usa con mucho éxito en el proceso de mejora de calidad de Seis Sigma es el Análisis de modal de efectos y fallos (AMEF). El AMEF ayuda a identificar problemas actuales y potenciales y dar una prioridad a los problemas. Se califica los

problemas por severidad, probabilidad de ocurrencia y detectabilidad. El producto de estos tres valores es el número de prioridad del riesgo (RPN)⁸⁹.

En la Tabla 46 ubicada en la sección de los Anexos, se puede apreciar el AMEF para el servicio de recojo de desechos en el distrito de SJM. Todas las actividades que tienen un RPN mayor de 125 puntos tienen un alto potencial de falla y necesitan una revisión. En la tabla del anexo 2 se ha marcado todos los RPN en rojo de aquellas actividades que tienen un alto potencial de falla. Las actividades con los RPNs más altos son:

- 1) **Los ayudantes recogen las bolsas.** La actividad tiene diferentes modos de falla y varias causas potenciales. Cada una de esas tiene un RPN fuera de lo aceptable, pero el contacto directo de los ayudantes con los desechos tiene el RPN más alto ya que afecta directamente la salud de los trabajadores.
- 2) **Viaje al depósito/vertedero.** La actividad tiene un alto RPN ya que es muy difícil detectar este error. Actualmente no hay controles y si el chofer no conoce la ruta al depósito, se pierde mucho tiempo buscando el camino.
- 3) **Asignar el chofer a un camión y ruta.** Esta actividad tiene un alto RPN porque el error tiene una muy alta ocurrencia. El chofer varias veces no conoce la ruta y por eso no sigue la ruta óptima y se demora más que lo necesario.
- 4) **El chofer maneja el camión por las calles.** Esta actividad llama la atención ya que las fallas tienen una muy alta probabilidad de ocurrencia. El camión pierde tiempo porque obstáculos obstruyen el camino y las pistas están en mal estado.

Gracias al AMEF se tiene un orden de importancia de los problemas reales y potenciales.

5.3.3. Ishikawa del servicio de recojo

Con el AMEF se ha identificado los problemas más graves del proceso. Para poder mejorar los resultados hay que encontrar las causas de estos

⁸⁹ Pande et al. 2003, p. 315.

problemas. El diagrama de Pareto ha mostrado que varias veces pocas causas generan la mayoría de los problemas⁹⁰. Por eso, se aplica la herramienta del Ishikawa para identificar las causas raíces de los problemas en el servicio de recojo de SJM. En la Ilustración 20 se observa el Ishikawa para el proceso en mención.

El problema que se quiere analizar es el servicio de recojo insuficiente en SJM. Las cuatro áreas de causas en que se divide el proceso son:

- 1) Maquinaria y equipo
- 2) Proceso
- 3) Mano de obra
- 4) Ambiente

El Ishikawa es una herramienta que no busca lo obvio sino trata de encontrar las causas raíces que son detrás de varios problemas. Por eso, no se considera la falta de EPP como una causa raíz. Esta causa es obvia y fácil de identificar. Además, tiene una solución evidente: Comprar equipos de protección como guantes, máscaras y un uniforme para que los trabajadores ya no tengan un contacto directo con los desechos que pueden causar enfermedades.

En total se ha identificado tres problemas raíces que son resaltados en rojo en la Ilustración 20:

- 1) Ruta inadecuada
- 2) Malas condiciones laborales
- 3) Inconsciencia de la población

El primer problema raíz es la ruta inadecuada porque tiene un gran potencial de ahorro y puede ser mejorada con pocos recursos e inmediatamente. “Ruta inadecuada” se refiere tanto a la inexistencia de una ruta establecida como a la ruta que toma el camión en realidad.

⁹⁰ Villagómez Sandoval 2007, p. 58.

El segundo problema raíz son las malas condiciones laborales. Estas causan una alta rotación del personal que impide la formación de equipos de trabajo estables y provocan una falta de experiencia en el campo de los trabajadores. El cambio permanente del personal y el cambio de rutas y camiones asignados a los choferes empeoran la situación. Tampoco conviene a la institución, invertir en capacitaciones adicionales para los empleados ya que los empleados se van dentro de un plazo corto y la institución no se beneficia por el conocimiento adicional ganado en las capacitaciones.

Además, las malas condiciones laborales generan desmotivación entre los trabajadores. En las entrevistas con la supervisora de la Limpieza Pública y los trabajadores resultó que el personal está incómodo por ejemplo por la falta de facilidades higiénicas y sueldos mínimos.

El tercer problema raíz es la inconsciencia de la población a la que se brinda el servicio. Mayormente por falta de conocimiento de las necesidades y requisitos para un servicio de recojo satisfactorio y pagable, la población no colabora con los esfuerzos de la municipalidad. Por esta falta de conocimiento por ejemplo no saca los desechos a tiempo, botan desechos que el camión no puede llevar y ponen en riesgo de malograr el camión, además ponen las bolsas en lugares donde perros callejeros pueden romperlas y dispersar la basura en el suelo.

En seguida se comprueba matemáticamente si estos tres factores influyen en la efectividad del servicio de recojo.

5.3.4. Determinación de los factores influyentes

Para poder comprobar si los tres factores encontrados anteriormente influyen en la efectividad del servicio de recojo, primero hay que elaborar los datos claves para el proceso de análisis. Se necesita generar una tabla con los datos de la ruta usada, la influencia del factor humano y del personal como factores independientes (x). La eficiencia negativa es el factor pendiente (y) que es compuesto de los costos generados en el recojo y la calidad de servicio brindado. Estos datos claves son resumidos en la Tabla 26. Para poder generar estos datos, se ha acompañado a un compactador de la municipalidad de SJM. La primera serie de datos se tomó en marzo 2015, la segunda se tomó medio año después, en septiembre 2015.

Día	Ruta	Factor humano	Personal	Costos	Calidad de servicio	Eficiencia negativa
1						
2						
3						

Tabla 26: Datos claves para el proceso de análisis del servicio de recojo. Fuente. Elaboración propia.

Se acompañó en cada serie de datos dos veces personalmente al camión y el resto de los datos fue brindado por los choferes del compactador que llenaron la tabla del Anexo 3. Los datos trabajados se encuentran en el Anexo 4.

5.3.4.1. La ruta

En la primera ocasión, en marzo 2015, el gerente de Limpieza Pública de SJM indicó que no había una ruta fija elaborada para los camiones de basura. El chofer mismo escogía la ruta por la zona que le tocaba según su experiencia y propio criterio. No existía un documento que indicaba la ruta. Por eso, se tuvo que hacer trabajo de campo para analizar la ruta. Para poder registrar la ruta, primero se consiguió un mapa detallado de las zonas A-E de SJM. Se tuvo que actualizar el mapa ya que en varias ocasiones los pasajes por los que no se puede pasar con un vehículo estaban detallados como calles. Después, se identificó puntos clave en el mapa como cruces, intersecciones y fines de calles de sentido único. Se acompañó al camión tomando nota de cada punto clave por lo que pasó el camión. Además, se identificó puntos de acopio, razones para demoras en el servicio y otras circunstancias especiales de las zonas. También, se entrevistó al chofer y los ayudantes para tener un conocimiento más profundo de su trabajo, problemas y necesidades.

El resultado de este trabajo de campo, la ruta que tomaba el camión en marzo 2015, se presenta en la Ilustración 21. El camión viajó del depósito ubicado en la zona B del distrito SJM al punto clave 1 que se ha destacado en amarillo en la Ilustración 21. A partir del punto 1 empezaba a recoger las bolsitas de basura que estaban colocadas en ambos lados de la pista. Las flechas rojas indican a cuál punto clave siguió el camión. Las flechas rosadas también indican a dónde siguió el camión pero al mismo tiempo señalan que el camión ya había pasado justo antes. Las flechas rosadas entonces marcan el camino

doble. Las rayas negras indican que estos caminos mostrados como calles en el mapa solo son pasajes por donde no puede pasar un vehículo. El camión dejó de recoger en el punto clave 13 y fue a la planta de transferencia de la empresa Pampapacta⁹¹ ubicado en Villa el Salvador.

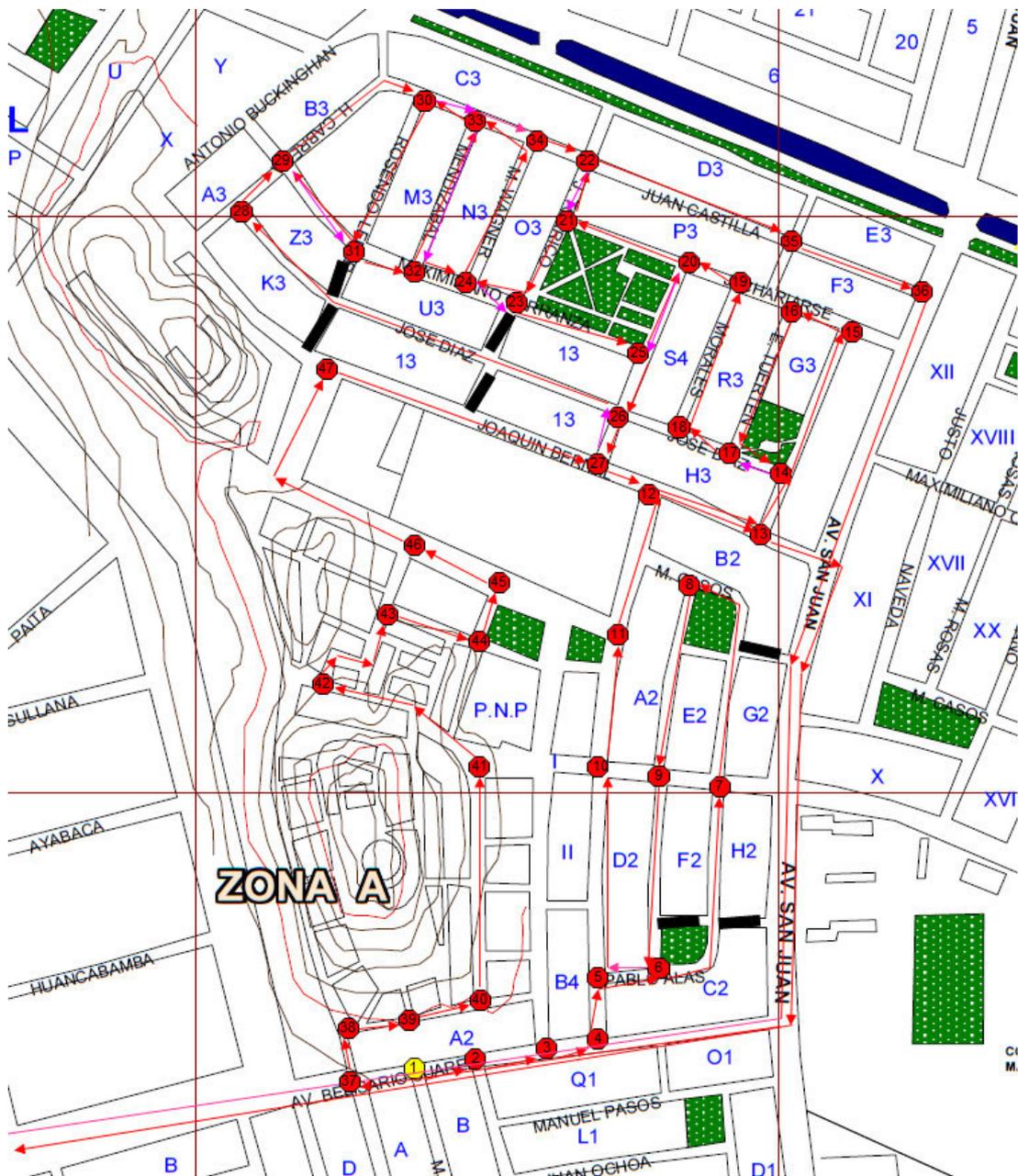


Ilustración 21: Ruta 1, marzo 2015. Fuente. Elaboración propia.

⁹¹ Perú b 2004, p. 34.

Conociendo la ruta, se averiguó las coordenadas de los puntos clave con la ayuda de google maps. La Tabla 27 muestra el ejemplo de los puntos clave 1-10. El punto 0 es el depósito.

Punto	Latitud (en grados decimales)	Longitud (en grados decimales)
0	-12166622	-76973559
1	-12160681	-76976602
2	-12160571	-76976148
3	-12160391	-76975138
4	-12160376	-76974789
5	-12159934	-76974784
6	-12159878	-76974328
7	-12158467	-76973856
8	-12156888	-76973974
9	-12158393	-76974269
10	-12158336	-76974730

Tabla 27: Coordenadas de los puntos clave 1-10. Fuente. Elaboración propia.

Se determinó las distancias entre los puntos con la distancia euclidiana, con la fórmula:

$$d_{(i,j)} = \sqrt{((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2)}$$

Acumulando las distancias entre los diferentes puntos de la ruta resulta que la ruta tiene una longitud total de 6,990m.

En la segunda ocasión, en septiembre 2015, se repitió el proceso descrito anteriormente. Se acompañó al camión que hizo el servicio de recojo de los residuos sólidos en la misma zona. Esta vez, se acompañó a otro chofer que fue acompañado por tres en vez de solo dos ayudantes. Los puntos clave y la ruta observada se presentan en la Ilustración 22. Se aplicó las mismas técnicas como en el caso de la ruta 1. La ruta tiene una longitud total de 6,900m.

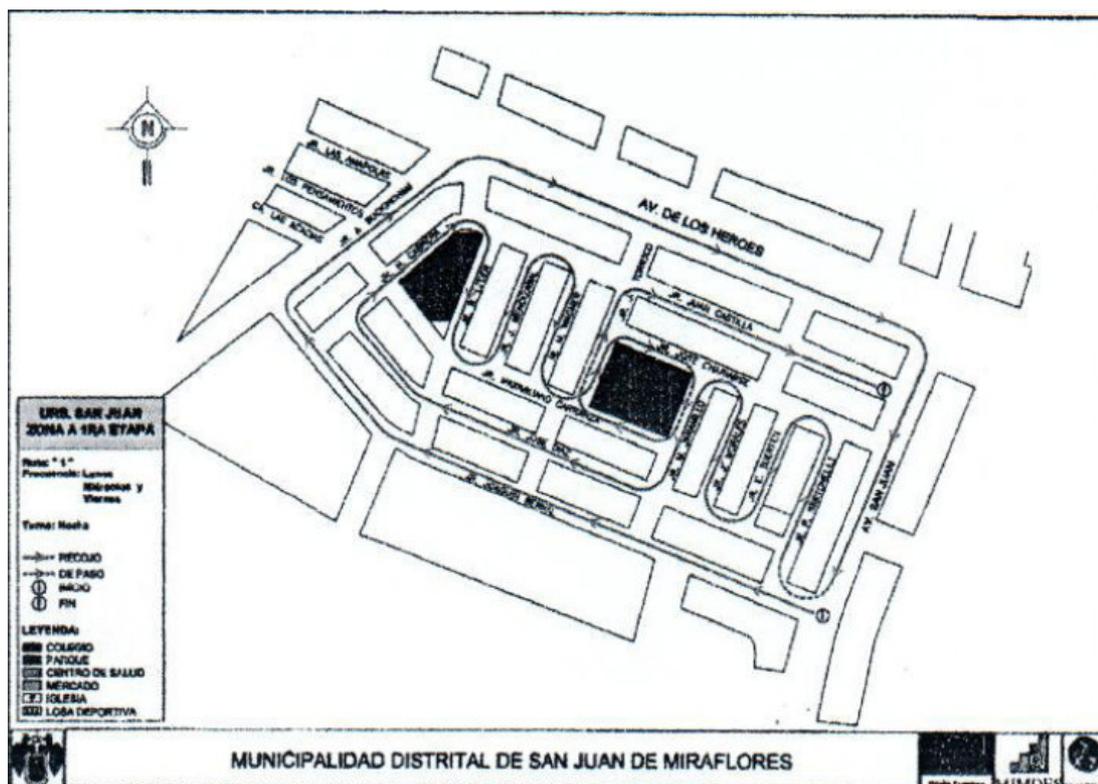


Ilustración 23: Ruta de recolección según la Municipalidad de SJM. Fuente. Perú b 2015, p. 63.

5.3.4.2. Los costos

Para poder definir la eficiencia negativa del servicio de recojo, hay que definir los costos del servicio. Se define los costos según el Modelo de estimación de costos para la gestión municipal de residuos sólidos⁹³. Pero en vez de asignar todos los costos directos e indirectos al camión, solo se elabora los costos directos. Esto es porque uno se enfoca en esta parte en mejorar específicamente el servicio de recojo y no el proceso entero.

En la Tabla 28 se ve los diferentes puntos para el recorrido del camión en marzo 2015. El punto uno considera los sueldos de mano de obra. El camión es manejado por un chofer que no está en planilla sino contratado por un sueldo mensual bruto de 1,400.00 Nuevos Soles. Con doce sueldos por año el monto anual es de 16,800.00 Nuevos Soles. El camión es acompañado por dos ayudantes que reciben según el gerente de Limpieza Pública SJM un sueldo mensual bruto de 875.00 Nuevos Soles. Con doce sueldos por año el monto anual es de 21,000.00 Nuevos Soles. El Seguro Obligatorio contra

⁹³ Costa Rica 2012, p. 16.

Accidentes de Tránsito (SOAT) y el seguro particular del camión generan un costo anual de 462.20 Nuevos Soles⁹⁴ y 545.00 Nuevos Soles⁹⁵ anualmente. Con una depreciación anual de 92,000.00 Nuevos Soles⁹⁶ resulta un costo total anual de costos fijos de 130,807.20 Nuevos Soles que significa un costo fijo de 0.2523287 Nuevos Soles por minuto.

		Cantidad	Monto unitario en Soles	Monto anual
1.	Chofer	1	1400.00	16800.00
	Ayudante	2	875.00	21000.00
2.	SOAT	1	462.20	462.20
	Seguro	1	545.00	545.00
3.	Depreciación	1	92000.00	92000.00
	Total			130807.20
	Costo de operación por minuto			0.2523287

Tabla 28: Costos directos del servicio de recojo en marzo 2015. Fuente. Elaboración propia

El mismo cálculo se hizo para el servicio de recojo en septiembre 2015 con los mismos montos pero con 3 en vez de 2 ayudantes. El resultado se observa en la Tabla 29. Resulta un costo fijo de 0,2725833 Nuevos Soles por minuto.

		Cantidad	Monto unitario en Soles	Monto anual
1.	Chofer	1	1400.00	16800.00
	Ayudante	3	875.00	31500.00
2.	SOAT	1	462.20	462.20
	Seguro	1	545.00	545.00
3.	Depreciación	1	92000.00	92000.00
	Total			141307.20
	Costo de operación por minuto			0.2725833

Tabla 29: Costos directos del servicio de recojo en septiembre 2015. Fuente. Elaboración propia.

Estos costos son los costos que dependen del tiempo que demora el servicio de recojo. La Tabla 30 muestra los costos que dependen de la distancia recorrida del camión en el caso de ambas tomas de datos. El costo del combustible petróleo del camión se calcula referencialmente con el precio de 11,05 Nuevos Soles por Galón del 11.11.2015. En el caso del cálculo del

⁹⁴ Perú d 2015, p. 1.

⁹⁵ Perú b 2007, p. 361995.

⁹⁶ Perú b 2007, p. 361995.

desgaste del compactador, se trabajó con valores promedios. Se usó un valor de rendimiento de vehículo promedio de 25 km/galón de petróleo.

Además, se definió el factor de tipo de vía en 1,58 que indica que se trata de calles en la costa en una altura menor a 1,000 msnm, un gradiente de 0 a 3% y calles afirmadas según el modelo MTC. Aunque las calles en su gran mayoría son asfaltadas en la zona en mención, se optó por el factor de tipo de vía de calles afirmadas ya que hay muchos baches y huecos en la calle.

		Cantidad	Monto unitario en Soles	Monto por km
1.	Combustible Petróleo	1 galón	11.05	0.4420
2.	Lubricantes y Filtros			0.0076
	Llantas			0.0189
3.	Factor de tipo de vía			1.58
	Total por km			0.7402
	Costo de operación por metro			0.0007402

Tabla 30: Costos pendientes de la distancia recorrida del camión. Fuente. Elaboración propia.

Teniendo estos datos, se puede llenar la tabla de los datos claves para el proceso de análisis del servicio de recojo hasta cierto punto que se ve en la Tabla 31. Se refiere con el número 1 a la ruta de marzo y con el número dos a la ruta de septiembre. Los costos se calculan:

Metros recorridos;*costos por metro;+tiempo de recorrido;*costo por minuto;

Día	Ruta	Factor humano	Personal	Costos	Calidad de servicio	Eficiencia negativa
1	1			84.66		
2	1			86.93		
3	1			80.87		
4	1			73.00		
5	1			81.63		
6	1			83.90		
7	1			82.39		
8	2			71.42		
9	2			80.20		
10	2			72.03		
11	2			56.43		
12	2			70.81		
13	2			66.73		
14	2			66.88		

Tabla 31: Primer avance de los datos claves para el proceso de análisis. Fuente. Elaboración propia.

5.3.4.3. El factor humano

Como factor humano se entiende en este trabajo todo el comportamiento de los vecinos y trabajadores de la zona en la que se está investigando que afecta el servicio de recojo de los residuos sólidos residenciales. Con la ayuda del AMEF y del Ishikawa se pudo identificar diferentes factores del comportamiento humano como causas de problemas en el servicio. Durante el acompañamiento al compactador se observó varias irregularidades en el servicio que en primer lugar causaron demoras del camión. Unas de estas irregularidades son:

- **Bolsas mal amarradas.** Los vecinos no amarran bien las bolsas y algunas veces el viento sopla residuos ligeros como papel a la calle. A parte de esto, la basura se cae de la bolsa en el momento de recojo por los ayudantes ya que ellos agarran varias bolsas a la vez y no controlan si las bolsas están bien amarradas.
- **Perros que rompen las bolsas.** Si los vecinos botan residuos orgánicos como restos de comida los perros callejeros abren las bolsas buscando comida y botan los desechos a la vereda y la pista.

- **Recicladores que rompen las bolsas.** En SJM hay aproximadamente 250 recicladores y triciclos con motor⁹⁷ que rebuscan las bolsas de basura por objetos de valor o reciclables. Después de rebuscar las bolsas, los recicladores no amarran las bolsas nuevamente así que la basura se dispersa en la vereda.
- **Los vecinos sacan la basura demasiado tarde.** Varias veces se pudo observar que los vecinos sacaron la basura en el momento cuando el camión pasaba. Aparte de esto, algunos vecinos, mayormente establecimientos comerciales como restaurantes, sacaron la basura después de que el camión ya había pasado. La supervisora avisa en estos casos al camión que tiene que regresar y recoger nuevamente las bolsas de la calle respectiva que implica una pérdida de tiempo y costos adicionales.
- **Demora en abrir rejas.** Por medidas de seguridad algunos vecinos cerraron sus calles con rejas. Un vigilante es encargado de abrir las rejas para el camión cuando este pasa. Algunas veces, el vigilante demora en abrir las rejas o no abre las rejas. Esto causa demoras o impide la correcta ejecución del servicio.
- **Carros mal estacionados.** Mayormente carros pero también otros obstáculos como materiales de construcción que están mal guardados dificultan o prohíben la entrada del camión. Además, estos obstáculos significan un riesgo ya que el camión puede rasparlos y se causa daños en el camión y el objeto.
- **Fiestas.** En SJM es común poner un toldo delante de la casa en el caso de fiestas para ampliar el espacio. En estas ocasiones el camión no puede pasar por la calle y adicionalmente los festejantes dificultan el brindado del servicio porque están ebrios y hay que tener mucho cuidado para que no estén lastimados por ejemplo cuando el camión retrocede.
- **Basura fuera de lo permitido.** Algunos tipos de desechos no se puede llevar en un compactador porque objetos muy duros o grandes pueden

⁹⁷ Perú b 2015, p. 44.

dañar el sistema de compactación del camión. Sin embargo, algunos vecinos piden a los ayudantes que se lleven estos objetos. Explicar las razones por que no se puede llevar los objetos mencionados toma tiempo. También se observa que los vecinos en vez de retirar los objetos los dejan en la calle donde dificultan el pase de vehículos y peatones y empeoran la calidad de vida de los habitantes.

Se identificó y midió la frecuencia y gravedad de aparición de estos factores humanos mientras se acompañó al camión y pidió lo mismo al chofer. Se usó una escala de uno a tres para medir el impacto:

1 = poca influencia del factor humano

2 = influencia intermediana del factor humano

3 = mucha influencia del factor humano

El resultado se puede observar en la Tabla 32.

Día	Ruta	Factor humano	Personal	Costos	Calidad de servicio	Eficiencia negativa
1	1	2		84.66		
2	1	3		86.93		
3	1	3		80.87		
4	1	1		73.00		
5	1	1		81.63		
6	1	3		83.90		
7	1	3		82.39		
8	2	2		71.42		
9	2	3		80.20		
10	2	1		72.03		
11	2	1		56.43		
12	2	2		70.81		
13	2	1		66.73		
14	2	1		66.88		

Tabla 32: Segundo avance de los datos claves para el proceso de análisis. Fuente. Elaboración propia.

5.3.4.4. El personal

Según la teoría de la Curva de Aprendizaje una persona comete muchos errores al comenzar una nueva tarea. En las repeticiones disminuyen los errores⁹⁸. Esto también es válido en el tema del personal del departamento de Limpieza Pública de la municipalidad de SJM. La Tabla 33 muestra la cantidad de personal contratado, nombrado y tercerizado en los años 2004 y 2015 en números absolutos. En comparación con 2004 la municipalidad tiene 20 choferes y 8 ayudantes más en el año 2015. Esto es un crecimiento antiproporcional que se puede explicar con la importancia creciente del uso de maquinaria en el servicio de recojo de residuos sólidos residenciales.

Año	Personal	Contratado	Nombrado	Terceros	Total
2004	Choferes	14	10		24
2004	Ayudantes	50	10		60
2004	Supervisores	2	1		3
2015	Choferes	27	15	2	44
2015	Ayudantes	49	15	4	68
2015	Supervisores		2		2

Tabla 33: El personal de Limpieza Pública de SJM – datos absolutos. Fuente. Perú b 2004, p. 32 & Perú b 2015, p. 39.

En ambos años se observa un alto porcentaje de personal contratado según Tabla 34. El personal contratado tiene una alta tasa de cambio de lugar de trabajo. En los dos periodos en los que se acompañó a los camiones de basura, ambas veces el chofer tenía menos que una semana de servicio en la municipalidad.

Año	Personal	Contratado	Nombrado	Terceros	Total
2004	Choferes	58%	42%	0%	24
2004	Ayudantes	83%	17%	0%	60
2004	Supervisores	67%	33%	0%	3
2015	Choferes	61%	34%	5%	44
2015	Ayudantes	72%	22%	6%	68
2015	Supervisores	0%	100%	0%	2

Tabla 34: El personal de Limpieza Pública de SJM - datos relativos. Fuente. Perú b 2004, p. 32 & Perú b 2015, p. 39.

Esta rotación alta de personal perjudica el rendimiento del servicio. Los choferes no conocen ni la ruta ni el camión y tienen que acostumbrarse. Se

⁹⁸ Wright 1936, pp. 122-128.

pierde tiempo buscando la ruta, se hace tramos innecesarios y hay un riesgo de accidentes elevados por la infamiliaridad del chofer con las proporciones y características del vehículo. Al otro lado se pudo observar que el chofer se acostumbró con el tiempo y el rendimiento del servicio mejoró con la repetición de la tarea. Lo mismo vale para los ayudantes. Con más experiencia trabajan más rápidos, seguros y con mayor rutina.

El efecto del desconocimiento de los procesos del servicio de recojo es empeorado por un cambio permanente de la asignación del personal a los vehículos y rutas. Llegando al depósito la supervisora asigna el chofer y los ayudantes a un camión. Aunque se intenta asignar siempre el mismo chofer al mismo camión y la misma ruta, no se hace este esfuerzo con los ayudantes. Además, hay muchos inconvenientes en el último minuto que impiden mejor consistencia como por ejemplo personal enfermo o personal que llega tarde.

Aparte de la experiencia, la motivación del personal es una parte importante que afecta el éxito. Conversando con los trabajadores, resultó que ellos no tienen muchas facilidades que ayudan para que los empleados estén más contentos. Por ejemplo, el depósito de la municipalidad de SJM no cuenta con servicio de agua fijo. El agua fue cortada porque no se pagó por el servicio de agua. Esto significa que el personal no puede bañarse después del trabajo aunque su trabajo implica varias veces un olor fuerte. Actualmente los trabajadores usan agua guardado en baldes para quitarse el olor más fuerte.

Tampoco se permite que los ayudantes reciclen la basura que encuentran. Reciclar por ejemplo los plásticos que encuentran los ayudantes durante su turno podría ayudarles a ganar un poco de dinero adicional.

Además, el sueldo que reciben los trabajadores es el sueldo mínimo que a la mayoría de los ayudantes les parece demasiado poco.

Según el plan de manejo de residuos sólidos del distrito de SJM para 2015 los trabajadores deberían usar la vestimenta especificada en la Tabla 35.

<u>Vestimenta</u>	<u>Especificaciones</u>
Pantalón y camisa de dril	<ul style="list-style-type: none"> - Deberá estar en los porcentajes de poliéster y algodón adecuados para cada estación - Los uniformes tendrán las cintas reflectivas de seguridad tanto en las mangas, piernas y cintura de un espesor mínimo de 1,5”
Polo manga larga de algodón	<ul style="list-style-type: none"> - Tendrán escudo de la municipalidad y distintivo de la EPS
Zapatillas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - Deberán ser de lona - Deben de dar la comodidad necesaria para que el personal realice su trabajo sin ningún inconveniente
Tapaboca	<ul style="list-style-type: none"> - Para evitar enfermedades producto de la inhalación de los olores
Gorro	<ul style="list-style-type: none"> - Contará con los distintivos correspondientes a la EPS y Municipalidad
Guantes de cuero	<ul style="list-style-type: none"> - De tipo herrero - Diseño y tipo de acuerdo a criterios de seguridad y ergonomía para la comodidad del personal

Tabla 35: Vestimenta obligatoria para servicio de recolección. Fuente. Perú b 2015, pp. 37-38.

Sin embargo, observando a los trabajadores durante su trabajo resultó que no todos usan la vestimenta indicada arriba. En la Ilustración 24 se ve que ninguno de los trabajadores usa el pantalón de dril con cintas reflectivas.



Ilustración 24: Ayudantes recogiendo basura sin vestimenta apropiada. Fuente. Elaboración propia.

Tampoco no usan un polo de manga larga ni zapatillas de trabajo ni tapabocas. Solo uno de tres ayudantes de la foto usa guantes. Esta falta de ropa adecuada pone en riesgo la salud y la vida de los trabajadores. Los ayudantes trabajan por la noche y las cintas reflectivas ayudan para que otros choferes vean a los ayudantes. Sin las cintas, el riesgo de que alguien atropelle a un ayudante es elevado. La falta de guantes implica que los ayudantes tocan la basura directamente con las manos. En la pausa los ayudantes consumen normalmente una gaseosa y un pan que comen con las manos sin lavárselas antes. Por eso, las bacterias y gérmenes de los desechos pueden llegar fácilmente adentro del cuerpo de los ayudantes que se enferman.

Según los puntos mencionados anteriormente como la experiencia del personal, su motivación y la frecuencia con la que pasa por la ruta en investigación, se asignó valores a la calificación del personal. Para esto se usó una escala de uno a tres:

1 = personal poco calificado, experimentado o motivado

2 = personal calificado, experimentado o motivado al nivel intermedio

3 = personal bien calificado, experimentado o motivado

El resultado se puede observar en la Tabla 36.

Día	Ruta	Factor humano	Personal	Costos	Calidad de servicio	Eficiencia negativa
1	1	2	1	84.66		
2	1	3	1	86.93		
3	1	3	1	80.87		
4	1	1	2	73.00		
5	1	1	3	81.63		
6	1	3	3	83.90		
7	1	3	2	82.39		
8	2	2	1	71.42		
9	2	3	1	80.20		
10	2	1	1	72.03		
11	2	1	3	56.43		
12	2	2	2	70.81		
13	2	1	3	66.73		
14	2	1	3	66.88		

Tabla 36: Tercer avance de los datos claves para el proceso de análisis. Fuente. Elaboración propia.

5.3.4.5. Calidad de servicio

Con la calidad del servicio uno se refiere a la imagen de la calle después de que el camión y los trabajadores han pasado por la calle y han brindado el servicio. Alta calidad significa que se ha recogido todos los desechos y no queda basura en la calle. Esto implica una alta calidad de vida para los vecinos. Una calidad de servicio intermedia significa que se ha recogido todas las bolsas pero quedan algunos residuos sólidos que salieron de las bolsas. Como calidad baja se entiende que no todos los desechos fueron recogidos. Todavía hay bolsas de basura en la calle y hay mucha basura suelta como plásticos y papeles que están sueltos en las veredas y calles. Una calidad baja de servicio afecta severamente la calidad de vida de los vecinos. Se generan olores, la basura atrae insectos y sirve como caldo de cultivo. Para poder calificar la calidad de servicio se asignó valores de uno a tres a los resultados del servicio de recojo de cada recorrido:

1 = alta calidad del servicio

2 = calidad intermedia del servicio

3 = baja calidad del servicio

En cooperación con la supervisora que revisa la calidad del servicio durante la ejecución del mismo y según propias observaciones se calificó la calidad de servicio de cada recorrido. El resultado se puede observar en la Tabla 37.

Día	Ruta	Factor humano	Personal	Costos	Calidad de servicio	Eficiencia negativa
1	1	2	1	84.66	3	
2	1	3	1	86.93	3	
3	1	3	1	80.87	2	
4	1	1	2	73.00	2	
5	1	1	3	81.63	1	
6	1	3	3	83.90	1	
7	1	3	2	82.39	3	
8	2	2	1	71.42	1	
9	2	3	1	80.20	2	
10	2	1	1	72.03	2	
11	2	1	3	56.43	1	
12	2	2	2	70.81	1	
13	2	1	3	66.73	2	
14	2	1	3	66.88	1	

Tabla 37: Cuarto avance de los datos claves para el proceso de análisis. Fuente. Elaboración propia.

5.3.4.6. Eficiencia negativa

Cohen y Franco (1983) definen la eficiencia como “la relación entre costos y productos obtenidos”. Esta relación es exactamente lo que se busca mejorar en el caso del servicio de recojo de SJM. Para poder analizar los datos estadísticamente, se junta los dos indicadores claves, los costos y la calidad de servicio, para tener un solo valor. Se suma el valor obtenido en la calidad de servicio dividido por diez a los costos respectivos. Esto significa que el recorrido con el valor más bajo de efectividad negativa es el mejor ya que tiene costos bajos y un buen resultado con respecto a la calidad de servicio. La Tabla 38 muestra el resultado del cálculo de la eficiencia negativa. Esta tabla

brinda los datos base para poder analizar los factores influyentes del servicio de recojo.

Día	Ruta	Factor humano	Personal	Costos	Calidad de servicio	Eficiencia negativa
1	1	2	1	84.66	3	110.06
2	1	3	1	86.93	3	113.01
3	1	3	1	80.87	2	97.05
4	1	1	2	73.00	2	87.60
5	1	1	3	81.63	1	89.79
6	1	3	3	83.90	1	92.29
7	1	3	2	82.39	3	107.10
8	2	2	1	71.42	1	78.56
9	2	3	1	80.20	2	96.24
10	2	1	1	72.03	2	86.43
11	2	1	3	56.43	1	62.07
12	2	2	2	70.81	1	77.90
13	2	1	3	66.73	2	80.07
14	2	1	3	66.88	1	73.57

Tabla 38: Datos claves para el proceso de análisis de recojo. Fuente. Elaboración propia.

5.3.5. Análisis de los datos con Minitab

Para poder comprobar estadísticamente que los tres factores elaborados con el AMEF y el Ishikawa anteriormente (la ruta, el factor humano y el personal) influyen en la eficiencia del servicio de recojo, se analiza los datos con el programa estadístico Minitab 17.

5.3.5.1. Planteamiento del problema

El problema es mejorar la eficiencia del servicio de recojo.

Y: puntaje de eficiencia negativa

Variables que influyen en el Resultado

X1: La ruta

X2: El factor humano

X3: El personal

5.3.5.2. Planteamiento de la hipótesis

Hipótesis:

1. La ruta

Ho: La ruta no afecta la eficiencia del servicio de recojo

Ha: La ruta afecta la eficiencia del servicio de recojo

2. El factor humano

Ho: El factor humano no afecta la eficiencia del servicio de recojo

Ha: El factor humano afecta la eficiencia del servicio de recojo

3. El personal

Ho: El personal no afecta la eficiencia del servicio de recojo

Ha: El personal afecta la eficiencia del servicio de recojo

5.3.5.3. Análisis de los factores

La variable dependiente (y = la eficiencia negativa) es una variable continua mientras las variables independientes x_1 -3 son variables discretas. Por eso, se usará la prueba Anova en los casos del factor humano y el personal. En el caso de la ruta se usa la prueba t_2 ya que solamente hay dos muestras, la ruta 1 y la ruta 2. Sin embargo, para poder analizar el efecto de la variable de la ruta, se usará la prueba Anova que permite extraer el efecto R^2 -ajustado.

5.3.5.3.1. Análisis de la ruta

Primero, se analiza que tipo de distribución tienen los datos. En la Ilustración 25 se presenta el resultado obtenido. El valor p es con 0.957 mayor a 0.05 y hay una coincidencia en los intervalos de confianza de la Media y la Mediana donde una línea vertical puede cruzar ambos intervalos. Esto implica que la distribución de los datos es normal.

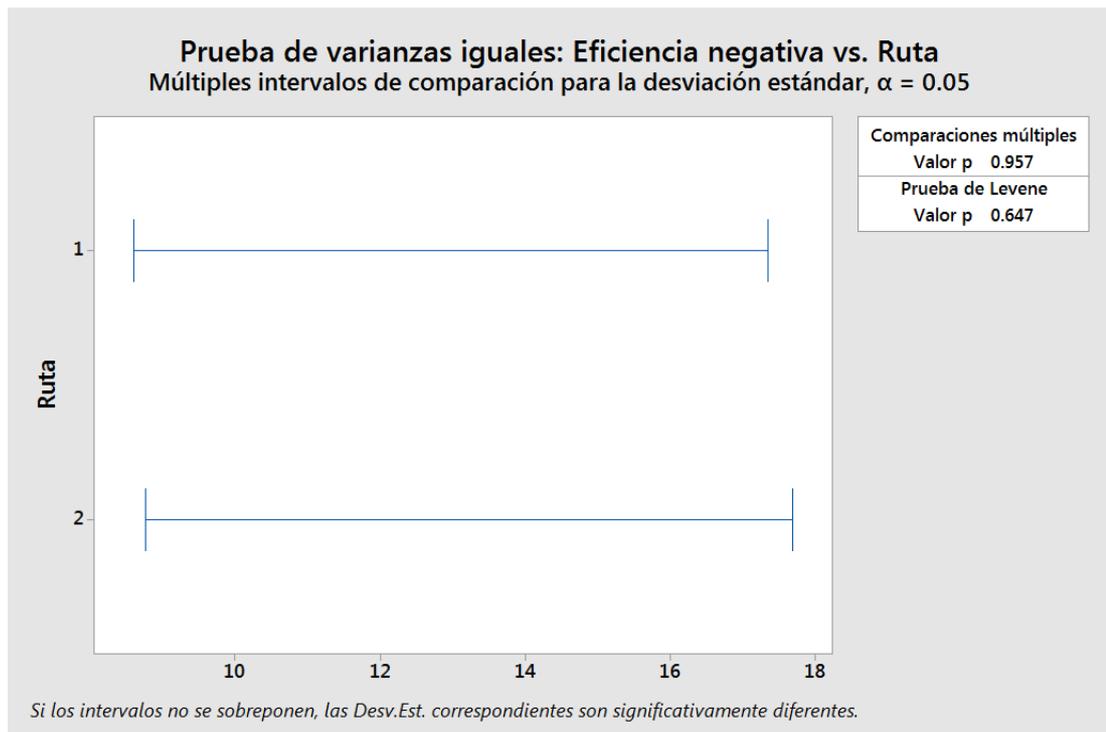


Ilustración 25: Prueba de normalidad de la ruta. Fuente. Elaboración propia.

Segundo, se analiza la gráfica de caja de eficiencia negativa mostrada en la Ilustración 26. Se puede apreciar que la ruta 2 consigue mejores resultados que la ruta 1.

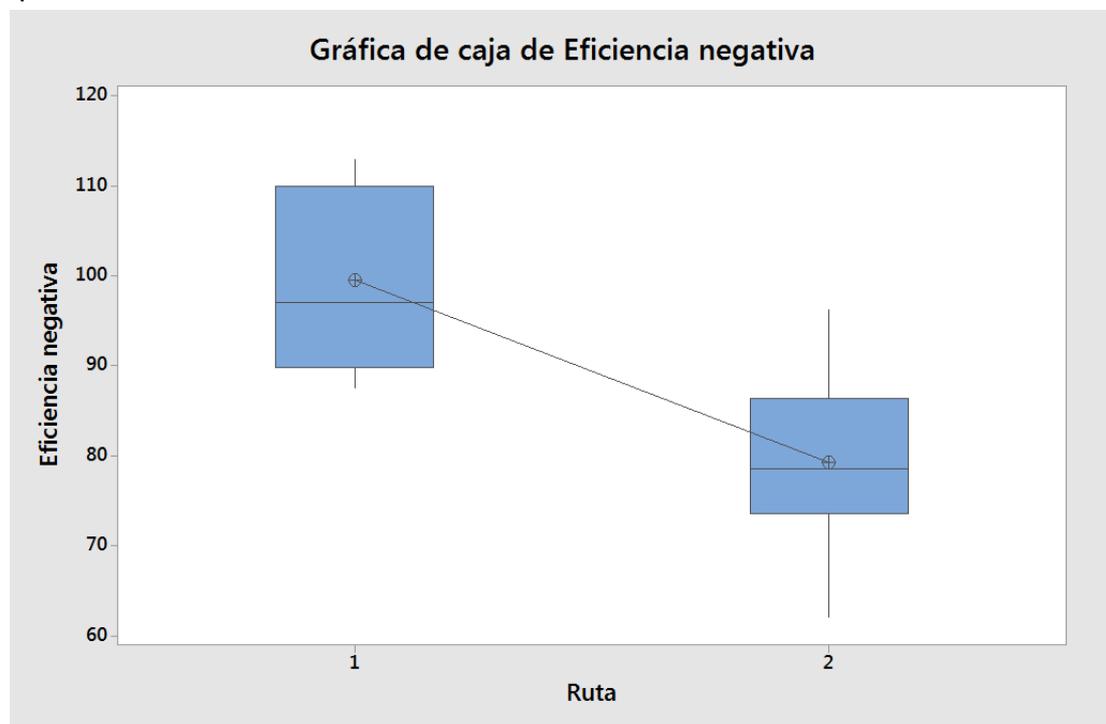


Ilustración 26: Gráfica de caja de Eficiencia negativa. Fuente. Elaboración propia.

Tercero, se hace la prueba t2 con la ayuda del Minitab 17 para el factor de la ruta. En la Ilustración 27 se observa que el valor p es con 0.004 menor a 0.05 y por eso se acepta la hipótesis alternativa:

Ha: La ruta afecta la eficiencia del servicio de recojo

Prueba T e IC de dos muestras: Eficiencia negativa, Ruta				
T de dos muestras para Eficiencia negativa				
				Error estándar de la media
Ruta	N	Media	Desv.Est.	
1	7	99.5	10.4	3.9
2	7	79.2	10.6	4.0
Diferencia = μ (1) - μ (2)				
Estimación de la diferencia: 20.29				
IC de 95% para la diferencia: (7.97, 32.61)				
Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = 3.63 Valor p = 0.004 GL = 11				

Ilustración 27: Resultado de la prueba t2 de la ruta. Fuente. Elaboración propia.

Sin embargo, donde se puede hacer la prueba t2, también se puede hacer la prueba Anova. Esta prueba también indica un valor p y además indica a través del factor R2 ajustado el efecto de la variable en relación al número total de las variables. La Ilustración 28 muestra el resultado de la prueba Anova. El valor p es con 0,003 también según esta prueba menor que 0,05 y se acepta la hipótesis alternativa. El R²-ajustado es con un valor de 48,29% alto e indica que este factor tiene un gran efecto sobre el resultado de la eficiencia.

ANOVA de un solo factor: Eficiencia negativa vs. Ruta					
Método					
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales				
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente				
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$				
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.					
Información del factor					
Factor	Niveles	Valores			
Ruta	2	1, 2			
Análisis de Varianza					
		SC			
Fuente	GL	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ruta	1	1442	1441.5	13.14	0.003
Error	12	1316	109.7		
Total	13	2758			
Resumen del modelo					
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	10.4732	52.27%	48.29%	35.04%	
Medias					
Ruta	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	
1	7	99.56	10.37	(90.93, 108.18)	
2	7	79.26	10.57	(70.64, 87.89)	
Desv.Est. agrupada = 10.4732					

Ilustración 28: Resultado del Anova del factor ruta. Fuente. Elaboración propia.

5.3.5.3.2. Análisis del factor humano

Primero, se analiza que tipo de distribución tienen los datos. En la Ilustración 29 se presenta el resultado obtenido. El valor p es con 0.290 mayor a 0.05 y hay una coincidencia en los intervalos de confianza de la Media y la Mediana donde una línea vertical puede cruzar los tres intervalos. Esto implica que la distribución de los datos es normal.

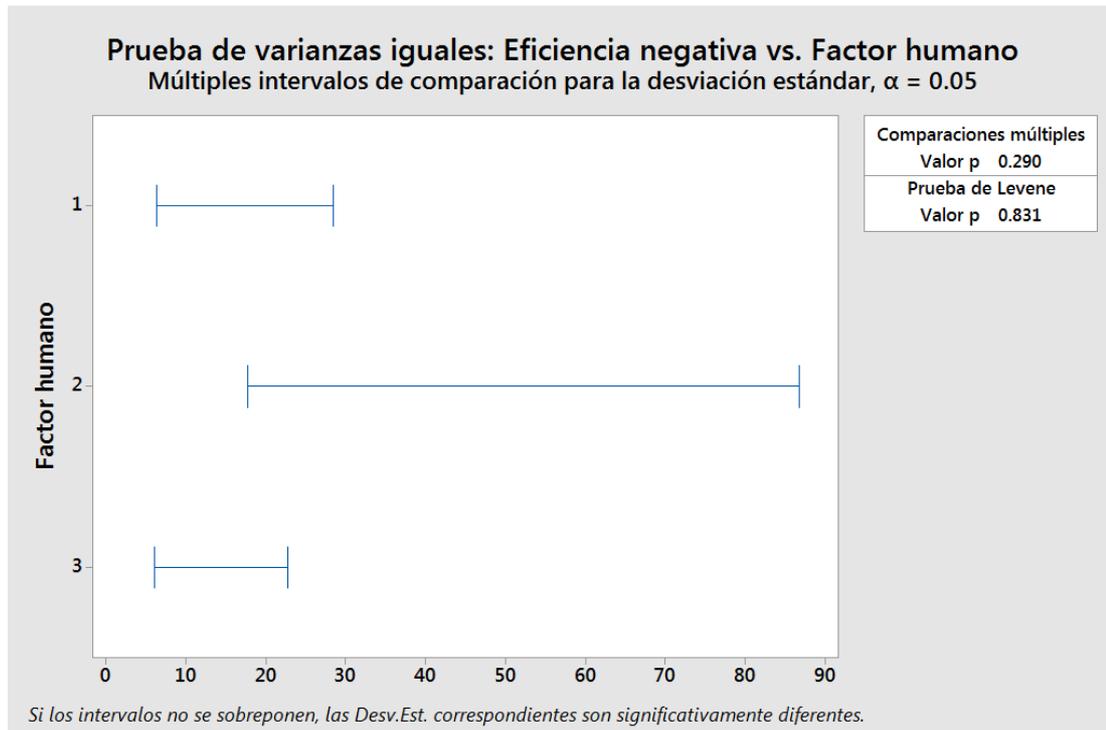


Ilustración 29: Prueba de normalidad del factor humano. Fuente. Elaboración propia.

Segundo, se analiza la gráfica de intervalos de eficiencia negativa y el factor humano mostrada en la Ilustración 30. Se puede apreciar que una mayor influencia del factor humano causa peores resultados. Esto es según lo esperado ya que el factor humano 3 por ejemplo significa que se saca las bolsas de basura tarde y se quedan en la calle que afecta el resultado del servicio y por eso la eficiencia.

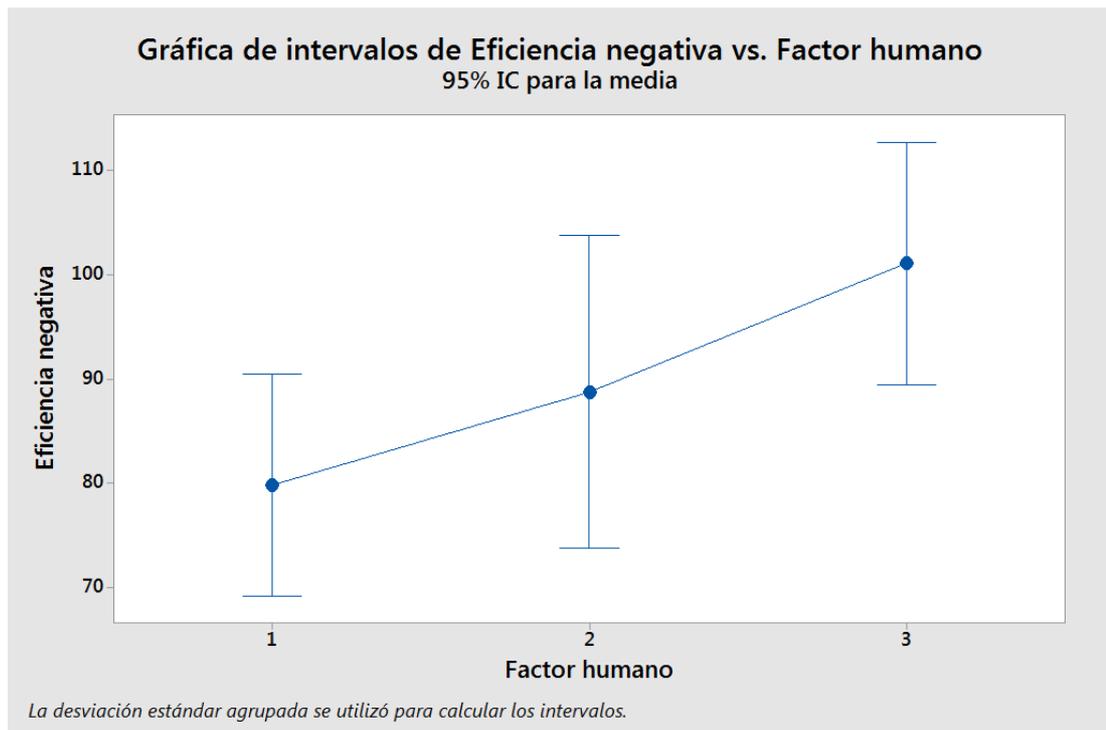


Ilustración 30: Intervalos de eficiencia negativa y el factor humano. Fuente. Elaboración propia.

Tercero, se hace la prueba Anova de un solo factor con la ayuda del Minitab 17 para el factor humano. En la Ilustración 31 se observa que el valor p es con 0.039 menor a 0.05 y por eso se acepta la hipótesis alternativa:

Ha: El factor humano afecta la eficiencia del servicio de recojo

Además, resulta un valor de R^2 -ajustado de 34.49%. Este valor significa que el factor humano influye en un 34.49% en la eficiencia del servicio de recojo.

ANOVA unidireccional: Eficiencia negativa vs. Factor humano						
Método						
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales					
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente					
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$					
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.						
Información del factor						
Factor	Niveles	Valores				
Factor humano	3	1, 2, 3				
Análisis de Varianza						
		SC				
Fuente	GL	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Factor humano	2	1229	614.3	4.42	0.039	
Error	11	1528	138.9			
Total	13	2757				
Resumen del modelo						
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)		
	11.7870	44.56%	34.49%	0.00%		
Medias						
Factor humano	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%		
1	6	79.90	10.56	(69.31, 90.49)		
2	3	88.8	18.4	(73.8, 103.8)		
3	5	101.11	8.59	(89.51, 112.71)		
Desv.Est. agrupada = 11.7870						

Ilustración 31: Resultado del Anova del factor humano. Fuente. Elaboración propia.

5.3.5.3.3. Análisis del personal

En el caso del personal se sigue los mismos pasos como en el análisis del factor humano. Primero, se analiza qué tipo de distribución tienen los datos. En la Ilustración 32 se presenta el resultado obtenido. El valor p es con 0.916 mayor a 0.05 y hay una coincidencia en los intervalos de confianza de la Media

y la Mediana donde una línea vertical puede cruzar los tres intervalos. Esto implica que la distribución de los datos es normal.

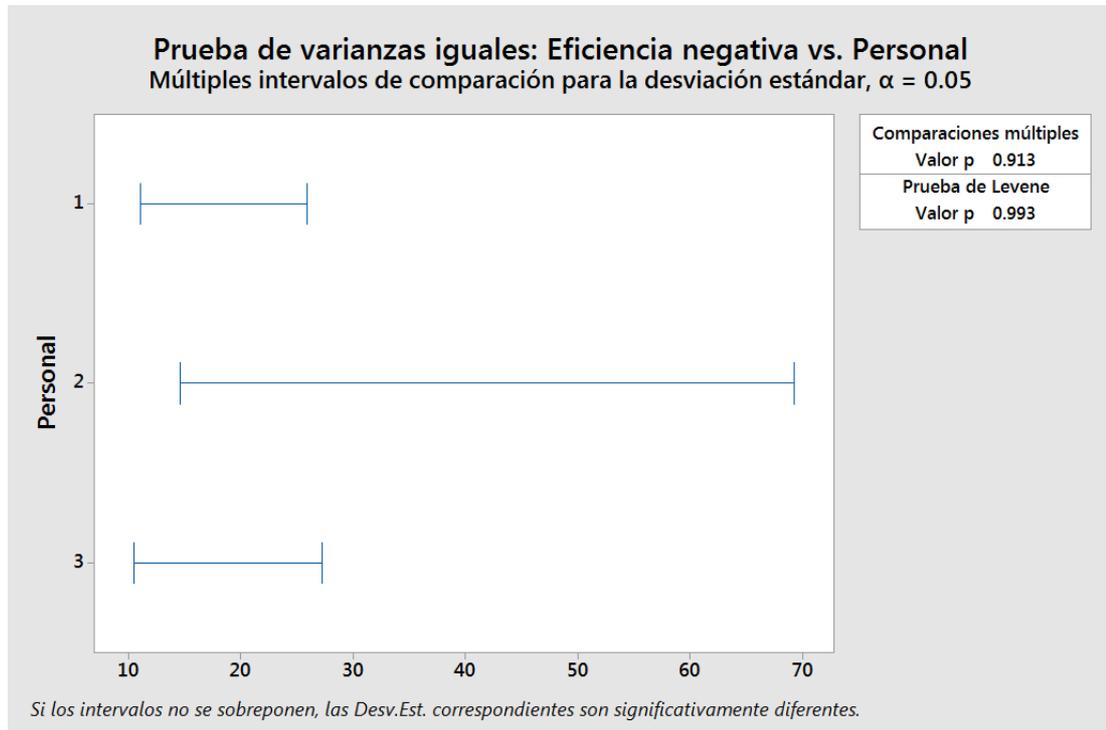


Ilustración 32: Prueba de normalidad del factor del personal. Fuente. Elaboración propia.

Segundo, se analiza la gráfica de intervalos de eficiencia negativa y el factor del personal mostrada en la Ilustración 33. Se puede apreciar que personal más motivado y experimentado (valor 3) resulta en una mejor eficiencia.

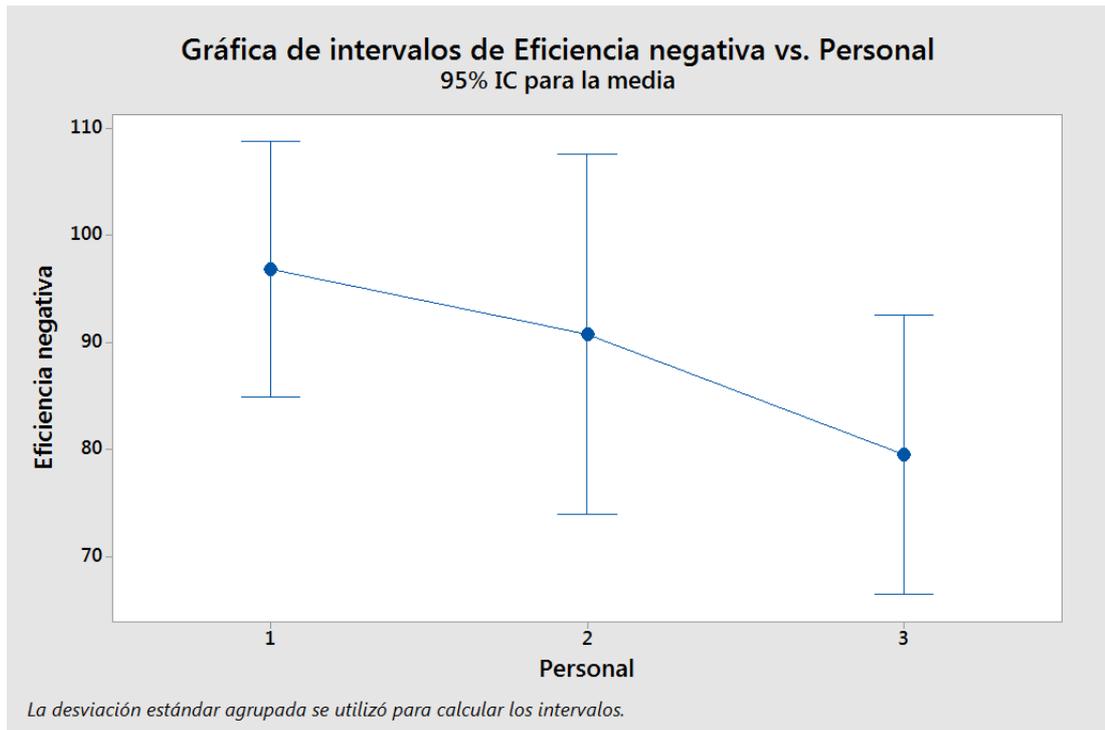


Ilustración 33: Gráfica de intervalos del factor personal. Fuente. Elaboración propia.

Tercero, se hace la prueba Anova de un solo factor con la ayuda del Minitab 17 para el factor del personal. En la Ilustración 34 se observa que el valor p es con 0.141 mayor a 005. Por eso, todavía no se puede aceptar la hipótesis alternativa. Pero analizando el valor R^2 -ajustado resulta que este valor es de 17.27% y es mayor a 10.00%. Si el R^2 -ajustado es mayor a 10.00% quiere decir que la variable influye significativamente en el resultado de la variable pendiente, en este caso la eficiencia del recojo de residuos sólidos. Por eso, se confirma la hipótesis alternativa:

Ha: El personal afecta la eficiencia del servicio de recojo

ANOVA unidireccional: Eficiencia negativa vs. Personal						
Método						
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales					
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente					
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$					
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.						
Información del factor						
Factor	Niveles	Valores				
Personal	3	1, 2, 3				
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Personal	2	827.1	413.5	2.36	0.141	
Error	11	1929.8	175.4			
Total	13	2756.9				
Resumen del modelo						
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)		
	13.2451	30.00%	17.27%	0.00%		
Medias						
Personal	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%		
1	6	96.86	13.26	(84.96, 108.77)		
2	3	90.84	14.87	(74.01, 107.67)		
3	5	79.53	12.34	(66.50, 92.57)		
Desv.Est. agrupada = 13.2451						

Ilustración 34: Resultado del Anova del factor del personal. Fuente. Elaboración propia.

5.3.5.4. Resultado del análisis de los datos con Minitab

Con los análisis de los tres factores (ruta, factor humano y personal) se pudo comprobar estadísticamente que los tres influyen significativamente en la eficiencia del servicio de recojo de residuos sólidos de SJM.

Si se suma únicamente los valores de los R^2 -ajustado del factor humano y del personal resulta un valor de 82,78%. En la estadística se usa como regla básica que los factores que se analiza deberían superar un 75.00% en el R^2 -ajustado para que sean los factores más influyentes y significativos. En este caso, la suma de únicamente dos factores ya alcanza este nivel. Junto con la

influencia de la ruta llegan a 100% y explican todo el resultado de la eficiencia. Es decir que hay muy pocos otros factores que no se ha tomado en cuenta.

5.3.6. Mejorar el servicio de recojo

Sabiendo que los factores ruta, factor humano y personal tienen una gran influencia al resultado del servicio de recojo, se proponen medidas para mejorar cada uno de estos factores.

5.3.6.1. Mejorar la ruta

Como ruta mejorada se propone la ruta que se puede apreciar en la Ilustración 35. Se ha elaborado la ruta mejorada tomando en cuenta varios aspectos que se ha mencionado anteriormente como por ejemplo la importancia de la distancia total recorrida. Como base se usó la ruta B y se la mejoró según la experiencia y los resultados de los análisis que se ha hecho.

Se ve a la primera vista que en la ruta mejorada hay menos distancias que se recorre doble ya que hay menos flechas rosadas. La distancia total de la ruta mejorada es de 6145m. Es decir que se pudo mejorar la distancia total en comparación con la ruta B por 754m y en comparación con la ruta A la mejora es de 844m. En números relativos esto significa una reducción de 12% en comparación con la ruta B y 14% en comparación con la ruta A.

La ruta mejorada también tiene la ventaja que el punto de inicio y el punto del fin del recorrido están más cercanos al depósito y al vertedero. Así se ahorra tiempo y reduce los gastos que causa el camión por metro recorrido.

En la entrevista con el encargado de la Limpieza Pública de SJM, Alan Rodríguez mencionó que se recoge la basura todos los días de la zona en mención y varias otras zonas residenciales. Pero acompañando al camión se observó que no se recoge la basura todos los días aunque esto está indicado en la hoja de ruta. El servicio de recojo diario tiene la ventaja que la basura está menos tiempo en las casas y el riesgo de bacterias y gérmenes disminuye. Pero por razones económicas se recomienda que se recoja los desechos cada dos días. Así los camiones recorren menos distancia que significa un ahorro y dos días son un periodo aceptable para guardar desechos dentro de la casa sin provocar un mayor riesgo de enfermedades.

Otro problema es que ya hay una ruta teóricamente establecida para la zona según Ilustración 23 pero no se sigue esta ruta en el momento de hacer el servicio. Se aconseja enseñar la ruta elaborada al chofer y los ayudantes. Para asegurar que el personal realmente sigue la ruta se debe acompañar por lo menos dos veces al camión y explicar la ruta. Después, la supervisora debe observar con una frecuencia disminuyendo con el tiempo que se respeta la ruta. Para garantizar que la ruta satisfaga adecuadamente las necesidades, se debe controlar y si es necesario adaptar la ruta cada medio año.

En total, la mejora de la ruta es significativa sobre todo en el aspecto de la disminución de la distancia recorrida. Pero el efecto de mejora sería mucho mayor si se aplica la mejora de la ruta no solo a una zona relativamente pequeña como la zona en mención sino se busca la mejora de todas las rutas de los camiones de recojo de basura en el distrito de SJM. En el caso de la zona en investigación se ha mejorado la ruta según experiencia propia y los resultados del análisis pero se simplificó algunos puntos. Por ejemplo, no se tomó en cuenta la influencia de la cantidad de basura. La cantidad de la basura varía de día a día como se puede apreciar en la tabla del pesaje de los camiones de basura de la municipalidad de SJM del mes de enero de 2015 que se presenta en el Anexo 5. Se puede observar que varias veces los viernes hay más basura que en otros días y los domingos hay menos basura que en el promedio de la semana. Estos datos muestran que no se puede predecir con seguridad en que momento el camión se llena y tiene que ir al vertedero. Para tener un resultado aún mejorado, integral para todo el distrito

de SJM y más sofisticado, se necesita más datos. Actualmente, no se puede ver cuánta basura se recoge en qué cuadra. Teniendo este dato, se puede diseñar rutas más exactas que permiten un mayor ahorro. Para asegurar una solución integral para todo el distrito, se debe contar con un software para diseñar las rutas óptimas. Ya hay algunas propuestas para softwares que diseñan rutas de camiones en el mercado. Sin embargo, estos softwares no responden suficientemente a las necesidades de SJM. Por eso, se recomienda hacer un convenio con una universidad para elaborar un software que se adapta exactamente a la realidad de SJM. Para disminuir los costos la municipalidad de SJM debería hacer un convenio con otros distritos de Lima que se encuentran en una situación similar a la de SJM como Villa María de Triunfo, Villa el Salvador, Comas... y diseñar el software suficientemente flexible para poder adaptarlo fácilmente a diferentes distritos. Se recomienda trabajar con un software que considera una flota heterogénea ya que todos los distritos de Lima tienen una flota de vehículos de diferentes capacidades, tamaños y tecnología. Ya que se recoge la basura residencial en la puerta de cada casa se debería usar un modelo de Problema de Rutas de Arcos. El modelo también tiene que tomar en cuenta que los camiones tienen que viajar al vertedero cuando estén llenos. Por eso, se debe usar un modelo capacitado. La cantidad de datos va a ser muy grande si se usa un solo modelo para todo el distrito de SJM. Por eso, no se puede solucionar el problema con un algoritmo clásico que busca el óptimo del problema⁹⁹. Se necesita un algoritmo metaheurístico que es suficientemente flexible para considerar todas las necesidades mencionadas y brindar resultados de alta calidad. Por eso, se recomienda la Búsqueda Tabú porque es un algoritmo muy potente que en varias ocasiones ofrece resultados superiores a otros algoritmos¹⁰⁰. Entonces, se recomienda programar un software en cooperación con otros distritos y estudiantes universitarios para solucionar un Problema de Rutas de Arcos Capacitado con una Flota Heterogénea con la Búsqueda Tabú.

⁹⁹ Toth & Vigo 2002, p. 488.

¹⁰⁰ Bektas 2005, p. 218.

En conclusión, se ha proveído una solución mejorada manualmente que puede ser utilizada al instante y casi no implica costos de implementación pero brinda varias ventajas. Además, se indicó un camino para una solución mucho más amplia y que implicará mayores ahorros y mejoras para poder mejorar al largo plazo. Se dio las pautas e ideas básicas para poder elaborar un propio software.

5.3.6.2. Mejorar el factor humano

A continuación se brindará soluciones para los diferentes puntos problemáticos que se ha identificado en la fase del análisis del servicio de recojo.

- **Perros que rompen las bolsas.** Para evitar que animales, mayormente perros, que viven en las calles del distrito abran las bolsas para buscar comida, se debe instalar canastas delante de cada casa en las que los vecinos ponen la basura. Un ejemplo para una canasta se puede apreciar en la Ilustración 37.



Ilustración 37: Ejemplo de una canasta para guardar basura. Fuente. Elaboración propia.

Si las bolsas no están en la vereda sino en la canasta, los animales no pueden romperlas. Sin embargo, solo se recomienda canastas para las calles que son cuidadas por un vigilante ya que las canastas pueden ser robadas porque son de metal que se puede vender. En el caso de calles

sin vigilantes se aconseja trabajar con ganchos en la pared. Los ganchos tienen el mismo efecto como las canastas solo que dificultarían en algunos casos el paso por la vereda. Esta desventaja de los ganchos en comparación con las canastas es tolerable ya que hay una hora establecida a la que los vecinos deben sacar la basura y las bolsas no están por mucho tiempo en los ganchos.

- **Recicladores que rompen las bolsas.** Se debe prohibir rebuscar la basura en el distrito. Para asegurar que se respeta las normas hay que establecer una ley con las multas respectivas en el caso de no respetar la ley.
- **Carros mal estacionados.** Se debe introducir un sistema de aviso con los colores de un semáforo. El chofer del camión debe tener un juego de papeles que se puede pegar en los carros mal estacionados avisando al propietario del carro del problema. El chofer del camión anota la placa del carro mal estacionado para saber si el carro ya se había estacionado mal anteriormente. Si es la primera vez que el carro está mal estacionado, el chofer pega un aviso color verde al carro que explica el problema y pide no repetir la misma falta. Si el carro ya se había estacionado mal una vez antes, el chofer usa un aviso amarillo y el aviso expresa con palabras más serías el problema. En el caso de una tercera falta, se pega un aviso rojo que anuncia al propietario que se comunicará la próxima vez a la policía. Si un carro está mal estacionado por cuarta vez, el chofer debe comunicarse con la supervisora que avisa a la policía para que el propietario reciba una multa.
- **Bolsas mal amarradas.** En este caso, también se debe trabajar con avisos de colores semáforo. Esta vez, los ayudantes tienen los avisos y pueden pegarlos según el sistema explicado en el caso de los carros mal estacionados. Al contrario del caso de los carros mal estacionados, no se puede llamar a la policía si se comete el mismo error la cuarta vez sino la supervisora visita la casa durante el día siguiente para conversar el problema y buscar una mejora de la situación.

- **Los vecinos sacan la basura demasiado tarde.** La supervisora es la encargada de usar los avisos semáforo en estas ocasiones ya que ella es la persona que se da cuenta si todavía hay basura en la calle después de que el camión ya había pasado. El problema de sacar la basura tarde es un poco más complicado que en los dos casos mencionados anteriormente ya que la supervisora no puede estar segura si la falta de verdad fue que los vecinos sacaron la basura tarde. También es posible que por ejemplo los ayudantes olvidaron recoger las bolsas. Por eso, la supervisora debe usar los avisos con mucho cuidado y necesita decidir de caso a caso si pone el aviso o no.
- **Demora en abrir rejas.** Si se respeta la ruta elaborada, es más predecible a qué hora pasará el camión por las rejas. Se debe comunicar al personal de vigilancia de las calles una ventana de tiempo en la que el camión probablemente pasa para que los vigilantes estén más atentos en este lapso.
- **Fiestas.** Se debe contar con un permiso de la municipalidad para poder invadir la calle para ocasiones especiales como fiestas. Este permiso debe ser rápido de conseguir ya que en el caso de velorios no se puede pedirlos con mucha anticipación.
- **Basura fuera de lo permitido.** Se debe comunicar que tipo de basura pueden recoger los camiones. El sistema de canastas y ganchos ayuda en seleccionar los desechos permitidos ya que restos de construcción por ejemplo son demasiados pesados para este sistema.

Para que los vecinos estén bien informados y más atentos a las necesidades del servicio de recojo, se debe poner paneles del tamaño de una pizarra escolar simple en puntos estratégicos por donde pasa la mayoría de los ciudadanos. En estos paneles se debe publicar:

- ✓ Las rutas de los camiones de la zona respectiva.
- ✓ Los horarios para sacar la basura de la zona respectiva.
- ✓ Las reglas básicas de comportamiento que se pide de los vecinos para facilitar el servicio de recojo.
- ✓ Explicar el sistema de avisos semáforo en el caso de problemas.

- ✓ El tipo de basura que el camión puede recoger.
- ✓ La dirección y teléfono de lugares/empresas donde se puede dejar basura fuera de lo común.
- ✓ Cualquier cambio o aviso importante.
- ✓ Los datos de contacto de las autoridades encargadas.

5.3.6.3. Mejorar la variable personal

Para poder mejorar la variable personal, se elaboró un plan de mejora que ayuda a concretizar los planes. Este plan se presenta en la Tabla 39. Primero, define la oportunidad de mejora, es decir el problema. Después, se propone la acción de mejora y se asigna un responsable para que una sola persona tenga que reportar los avances y se identifique con el problema. Luego, se define el tiempo que se asigna a la tarea y una fecha específica para que haiga mayor compromiso y se tenga una fecha fija para medir el éxito del proyecto. Se trabaja con el 01.01.2016 como fecha referencial en que se hace las recomendaciones.

La primera oportunidad de mejora es la **baja calificación del personal**. Se observó en el momento del acompañamiento al camión que el chofer por ejemplo, manejó la primera vez un camión de ese tipo. El chofer tuvo que buscar las herramientas apropiadas y tampoco conocía todas las funciones del vehículo. Para evitar este tipo de problemas, se debe proveer una capacitación cuando entra personal nuevo. La supervisora de Limpieza Pública es la encargada de coordinar estas capacitaciones que son capacitaciones relativamente simples y cortas. Se estima que duran entre 30-40 minutos. Un chofer experimentado da las indicaciones al chofer nuevo.

Para capacitar al personal aún más, se introduce capacitaciones cada 6 meses. Estas capacitaciones deben durar un día y realizarse en un ambiente agradable.

Oportunidad de mejora	Acción de mejora	Responsable	Tipo de mejora	Fecha de compromiso
Baja calificación del personal	<ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento cuando ingresa personal nuevo - Capacitaciones cada 6 meses 	Supervisora de Limpieza Pública Jefe de Limpieza Pública	Corto plazo	31.03.2016
			Mediano plazo	31.12.2016
Alta tasa de rotación del personal	<ul style="list-style-type: none"> - Reunión anual con cada empleado para conversar de su situación laboral 	Jefe de Limpieza Pública	Mediano plazo	31.12.2016
No rutas y equipos fijos	<ul style="list-style-type: none"> - Asignar un chofer y dos ayudantes de forma fija a una ruta y a un camión - Asignar personal de reemplazo de forma fija a cada ruta - Planes de jornadas al largo plazo 	Supervisora de Limpieza Pública	Corto plazo	31.03.2016
Personal desmotivado	<ul style="list-style-type: none"> - Facilitar servicios higiénicos básicos (duchas) - Introducir sistema de bono por buen trabajo 	Jefe de Limpieza Pública	Mediano plazo	31.12.2016
Falta de equipamiento de protección personal	<ul style="list-style-type: none"> - Comprar suficiente ropa + equipamiento de protección personal - Incluir el uso del EPP como requisito en el sistema de bono - Proveer un líquido desinfectante para cada camión 	Jefe de Limpieza Pública	Corto plazo	31.05.2016
			Mediano plazo	31.12.2016
			Corto plazo	31.05.2016

Tabla 39: Plan de mejorar para el factor personal. Fuente. Elaboración propia.

El jefe de Limpieza Pública se encarga en contratar un experto de afuera o de la misma municipalidad que pueda capacitar al personal en cuestiones de eficiencia, mantenimiento del equipamiento y maquinaria y situaciones de emergencias como accidentes. A parte de esto, se debe aprovechar estas reuniones laborales para difundir información sobre políticas internas como el uso de EPP o el sistema de bono.

Después de la capacitación, se recomienda una cena con bebidas para fortalecer el equipo de trabajo y motivar al personal. Esto también va en conjunto con las medidas que se recomienda más tarde para levantar el ánimo del personal.

Otro problema es la **alta tasa de rotación del personal**. Se recomienda una reunión anual con cada empleado para conversar de su situación laboral. En esta conversación se debe averiguar si el trabajador está contento con el entorno laboral, su trabajo y el equipo. Para que la conversación sea más fructífera, se entrega al trabajador una semana antes de la conversación una hoja con preguntas claves. De esta manera, el trabajador tiene suficiente tiempo para pensar la situación y la conversación tiene mejores resultados. Si el trabajador reporta problemas, el jefe de Limpieza Pública que lidera la conversación debe anotarlas y buscar soluciones con el trabajador. Si no se encuentra una solución en el momento, se queda en una fecha específica para poder conversar de nuevo y tener tiempo para seguir buscando soluciones hasta esa fecha. Con esta medida, se busca disminuir la tasa de rotación del personal.

Además, se debe aprovechar la oportunidad para preguntar al trabajador por propuestas de mejora. Varias veces el personal que está en el campo todos los días tiene aportes muy importantes que los superiores no toman en cuenta.

Con respecto al problema de alta rotación del personal hay que considerar varios factores que también aplican a otros problemas. Para no mencionarlos doblemente, se ha asignado cada acción de mejora solamente una vez a uno de los problemas. Pero se debe mencionar que también las acciones de mejora que se propone para mayor motivación del personal y contra la falta

de EPP disminuyen la rotación ya que personal más motivado, sano y contento se queda más tiempo en su puesto actual.

El tercer problema es que **no hay rutas y equipos que son asignados de manera fija al personal**. Se propone asignar un chofer y dos ayudantes fijos a la cantidad de rutas respectivas y a un vehículo. Se tuvo la oportunidad de observar el servicio de recojo en la primera sesión en marzo con dos ayudantes y en la segunda sesión en septiembre con tres ayudantes. Se pudo observar que el número de dos ayudantes es mejor que tres ya que en el caso de dos ayudantes cada uno puede recoger las bolsas de un lado de la calle mientras en el caso de tres ayudantes el tercero tiene que buscar otras bolsas y no queda claro quien recoge que bolsas. Además, el espacio de la parte trasera del camión es limitado y tres ayudantes no pueden botar las bolsas al mismo tiempo en el camión ya que causa demoras.

Además, se asigna personal de reemplazo a cada persona. Esta asignación va según compañeros y preferiblemente de turnos diferentes. Así el personal de reemplazo también conoce la ruta que le toca en el caso de enfermedad o vacaciones de su compañero y el trabajo es más eficiente.

Actualmente, minutos antes de cada turno se asigna los choferes y ayudantes a un camión. Esto también varía según el personal que viene a trabajar. Varias veces, el personal llega tarde o no llega por razones personales o razones de salud. Con las medidas que se toma para implementar el uso del EPP se trata de disminuir la tasa de personal enfermo. Las charlas y la mayor motivación del personal dan como resultado un mayor nivel de confianza entre el personal y los supervisores. El personal toma su horario más en serio y muestra más compromiso. En el caso de asuntos personales, se avisa a la supervisora y ella puede encargarse de buscar un reemplazo.

Tomando en cuenta estas recomendaciones, el personal está más familiarizado con sus compañeros de trabajo, su forma de trabajar, con el vehículo y la ruta que implica mayor eficiencia facilitando el servicio de recojo.

Otra oportunidad de mejora es el **personal desmotivado**. Se aconseja facilitar servicios higiénicos básicos y también duchas para que el personal esté más cómodo y sano.

Para que el personal trabaje mejor, se debe introducir un sistema de bono por un trabajo mejor que el promedio. El bono se da cada medio año según el desempeño del trabajador. Se divide la cantidad del bono en tres montos. El primer monto es de 100.00 Nuevos Soles y debe ser fácil de alcanzar. Los requisitos son el uso del EPP adecuado, puntualidad, ninguna falta no justificada y no tener reportes negativos. El segundo monto es de 200.00 Nuevos Soles que implica aparte de los requisitos del primer bono que el trabajador tenga un muy buen desempeño en la eficiencia en su ruta, es decir que los costos son bajos y la calidad del servicio es muy buena. El tercer monto debe ser difícil de alcanzar y es de 400.00 Nuevos Soles. Este monto solo corresponde a un trabajador que hizo algo fuera de lo común como muchas horas extras en el caso de emergencias o representó los intereses de la municipalidad o de los trabajadores de una manera extraordinaria. Este sistema de bono incentiva a los trabajadores y al mismo tiempo sirve a la gerencia para identificar al personal que no brinda muy buenos resultados. Se debe encontrar las causas si un trabajador tiene un desempeño menor que el promedio de sus colegas.

El último punto mencionado en el plan de mejora es la **falta de equipamiento de protección personal**. Este problema se puede solucionar al corto plazo comprando suficiente ropa y equipamiento de protección personal. En teoría el uso del EPP ya es obligatorio, sin embargo muchas personas no lo usan. Para que el uso del EPP aumente se debe incluirlo como requisito en el sistema de bono.

Aparte de esto, se debe proveer un líquido desinfectante en cada camión para que los trabajadores puedan desinfectarse las manos antes de tomar alimentos en su refrigerio.

Tomando en cuenta los consejos mencionados en este capítulo, el personal estará más motivado y sano y podrá brindar un mejor servicio.

5.3.6.4. Resultado de la mejora

Para poder tener una idea de las mejoras que se puede conseguir en el servicio de recojo con las propuestas anteriores, se estima los nuevos valores de las variables con las mejoras y se realiza una prueba t2 de la eficiencia negativa mejorada en comparación con la eficiencia negativa de la ruta 2. En la Tabla 40 se presenta los datos necesarios para poder realizar la comparación. Los datos de los días 1-7 se levantaron durante el trabajo de campo que se ha realizado con la segunda ruta. Los datos de los días 8-14 toman en cuenta las mejoras sugeridas anteriormente.

La ruta mejorada elaborada en 5.3.6.1. Mejorar la ruta” se llama “ruta 3”. En el caso del factor humano y del personal se estima que con las mejoras propuestas se puede lograr un cambio de categoría a un mejor nivel de lo que era anteriormente. Es decir, que por ejemplo el factor humano que antes era del nivel 3 desaparece y ahora se convierte en el nivel 2. Los costos se siguen calculando de la misma manera:

Metros recorridos*costos por metro+tiempo de recorrido*costo por minuto

Los metros recorridos de la ruta 3 son en total 6,145.73 metros. Los costos por metro son iguales a los costos de las rutas 1 y 2 ya que no se cambia los vehículos u otras condiciones que influyen en estos costos. En el caso del tiempo de recorrido, se estima que se puede reducir el tiempo de recorrido un 10% del tiempo en la ruta 2. La calidad de servicio se estima de la misma manera como las mejoras del factor humano y del personal. Con los datos de los costos y de la calidad de servicio se calcula la eficiencia negativa de la misma manera como en el punto 5.3.4.6. Eficiencia negativa”.

Día	Ruta	Factor humano	Personal	Costos	Calidad de servicio	Eficiencia negativa
1	2	2	1	71.42	1	78.56
2	2	3	1	80.20	2	96.24
3	2	1	1	72.03	2	86.43
4	2	1	3	56.43	1	62.07
5	2	2	2	70.81	1	77.90
6	2	1	3	66.73	2	80.07
7	2	1	3	66.88	1	73.57
8	3	1	2	64.23	1	70.65
9	3	2	2	72.13	1	79.35
10	3	1	2	64.78	1	71.25
11	3	1	3	60.01	1	66.01
12	3	1	3	63.69	1	70.05
13	3	1	3	50.74	1	55.81
14	3	1	3	60.14	1	66.16

Tabla 40: Datos para el análisis de la mejora. Fuente. Elaboración propia.

Con los datos de la Tabla 40 se realiza una prueba t2 ya que la variable “sin mejoras” y “con mejoras” que se expresa a través de la “ruta 2” y la “ruta 3” son discretas y la variable dependiente de la eficiencia negativa es una variable continua. Las hipótesis son las siguientes:

Ho: Las mejoras no afectan la eficiencia del servicio de recojo

Ha: Las mejoras afectan la eficiencia del servicio de recojo

Primero, se analiza que tipo de distribución tienen los datos. En la Ilustración 38 se presenta el resultado obtenido. El valor p es con 0,398 mayor a 0,05 y hay una coincidencia en los intervalos de confianza de la Media y la Mediana donde una línea vertical puede cruzar ambos intervalos. Esto implica que la distribución de los datos es normal.

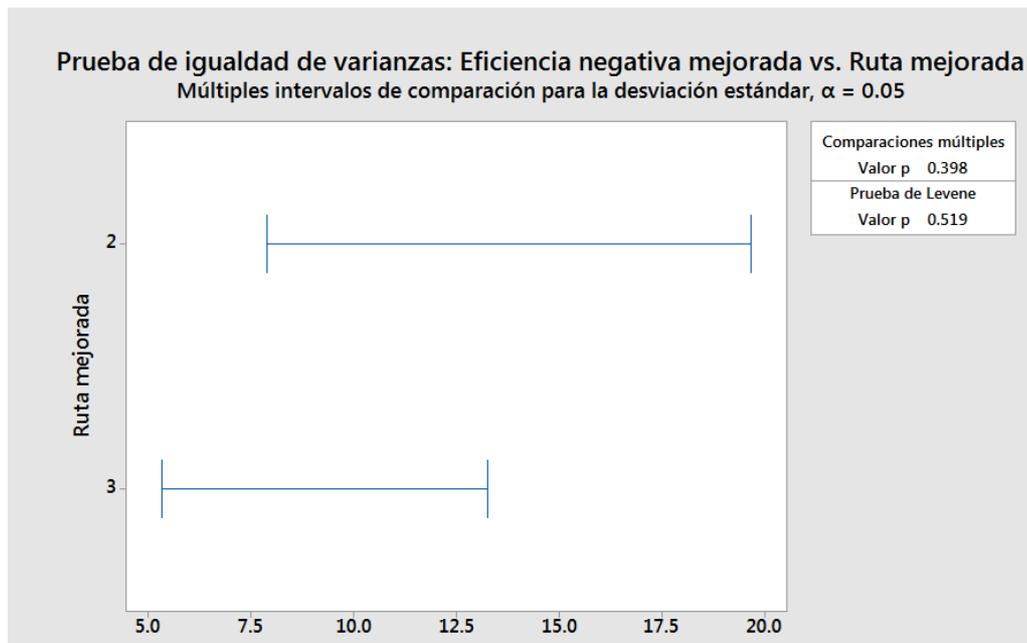


Ilustración 38: Prueba de normalidad de las mejoras. Fuente. Elaboración propia.

Segundo, se analiza la gráfica de caja de eficiencia negativa mostrada en la Ilustración 39. Se puede apreciar que la ruta 3 consigue mejores resultados que la ruta 2. Además, se puede observar que hay dos datos que están fuera de lo común, pero estos datos se pueden excluir del análisis.

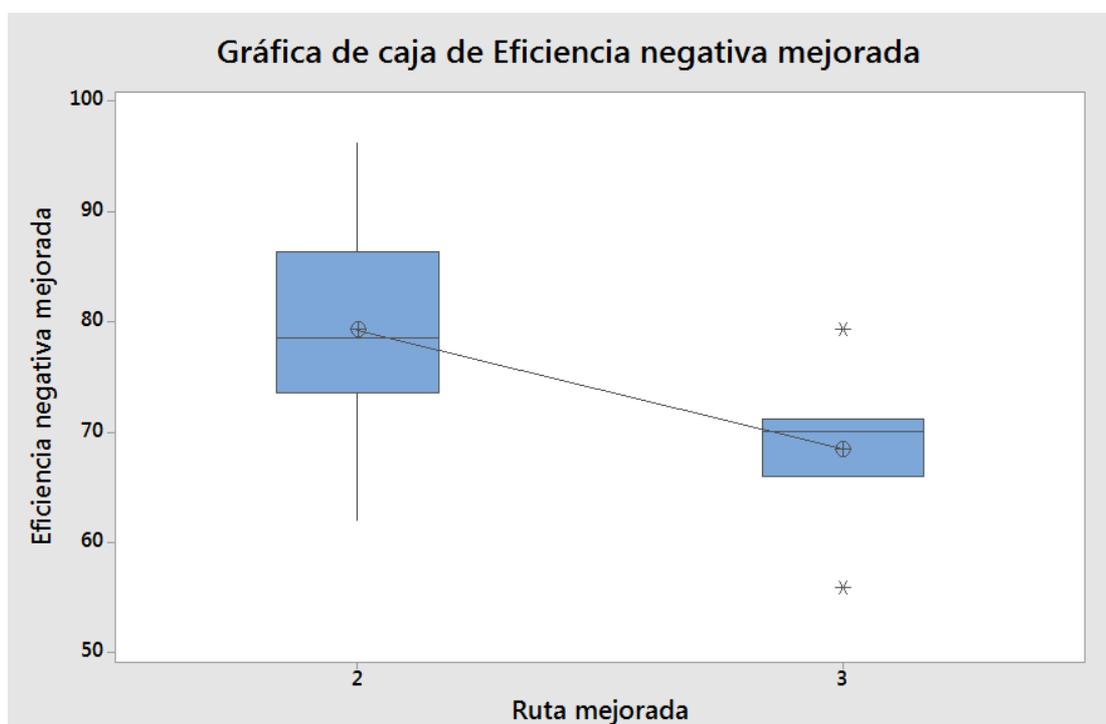


Ilustración 39: Gráfica de caja de Eficiencia negativa. Fuente. Elaboración propia.

Tercero, se hace la prueba t2 con la ayuda del Minitab 17 para el factor de la ruta. En la Ilustración 40 se observa que el valor p es con 0,004 menor a 0,05 y por eso se acepta la hipótesis alternativa:

Ha: Las mejoras afectan la eficiencia del servicio de recojo

Prueba T e IC de dos muestras: Eficiencia negativa, Ruta				
T de dos muestras para Eficiencia negativa				
				Error estándar de la media
Ruta	N	Media	Desv.Est.	
1	7	99.6	10.4	3.9
2	7	79.3	10.6	4.0
Diferencia = μ (1) - μ (2)				
Estimación de la diferencia: 20.29				
IC de 95% para la diferencia: (7.97, 32.62)				
Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = 3.63 Valor p = 0.004 GL = 11				

Ilustración 40: Resultado de la prueba t2 de las mejoras. Fuente. Elaboración propia.

Si se realiza adicionalmente la prueba Anova, se confirma que el valor p es con 0,045 menor a 0,05 y se debe aceptar la hipótesis alternativa. El R²-ajustado indica con 23.60% que las medidas propuestas probablemente mejoran la eficiencia del servicio de recojo en un 23.60%. Estos resultados se puede observar en la Ilustración 41.

ANOVA de un solo factor: Eficiencia negativa mejorada vs. Ruta mejorada							
Método							
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales						
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente						
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$						
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.							
Información del factor							
Factor	Niveles	Valores					
Ruta mejorada	2	2, 3					
Análisis de Varianza							
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p		
Ruta mejorada	1	407.8	407.78	5.02	0.045		
Error	12	975.4	81.29				
Total	13	1383.2					
Resumen del modelo							
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)			
	9.01586	29.48%	23.60%	4.02%			
Medias							
Ruta	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%			
mejorada							
2	7	79.26	10.57	(71.84, 86.69)			
3	7	68.47	7.13	(61.04, 75.89)			
Desv.Est. agrupada = 9.01586							

Ilustración 41: Resultado del Anova de las mejoras. Fuente. Elaboración propia.

5.4. Manejo responsable y sostenible de desechos

En los capítulos anteriores se propuso métodos y planes para una gestión de residuos sólidos que disminuye el impacto ambiental y mejora el servicio de recojo. Pero ambos proyectos necesitan el apoyo y la buena voluntad de la población para tener éxito y mejorar los resultados. Además, la población puede influir de manera positiva a todo el círculo de vida de los desechos.

5.4.1. Problemas relacionados a la conducta de la población

Para presentar los problemas encontrados de manera ordenada, se sigue cronológicamente el ciclo de vida de residuos sólidos domiciliarios en zonas residenciales en el distrito de SJM que se presentó en el punto “1.1. Situación Problemática”.

5.4.1.1. Generación de los desechos

El primer paso en el ciclo de vida de los residuos sólidos es la generación de dichos. La población de SJM consume bienes y en continuación se presenta los problemas observados al respecto:

1) Cantidad de desechos por crecimiento de la población.

En 2015 cada habitante de SJM generó un promedio de 0.58 kilogramos de desechos sólidos por persona al día¹⁰¹. Según datos de la Gerencia de Desarrollo Económico de Perú del año 2014 vivieron 382,915 personas en SJM¹⁰². Estos números implican que se generó en el año 2015 aproximadamente 222,091 kilogramos de desechos sólidos por día en SJM y un total de 79,952,652 kilogramos en un año.

SJM es el séptimo distrito más poblado de Lima metropolitana como se puede observar en la Ilustración 42.

¹⁰¹ Perú b 2015, p. 18.

¹⁰² Perú b 2015, pp. 4-5.

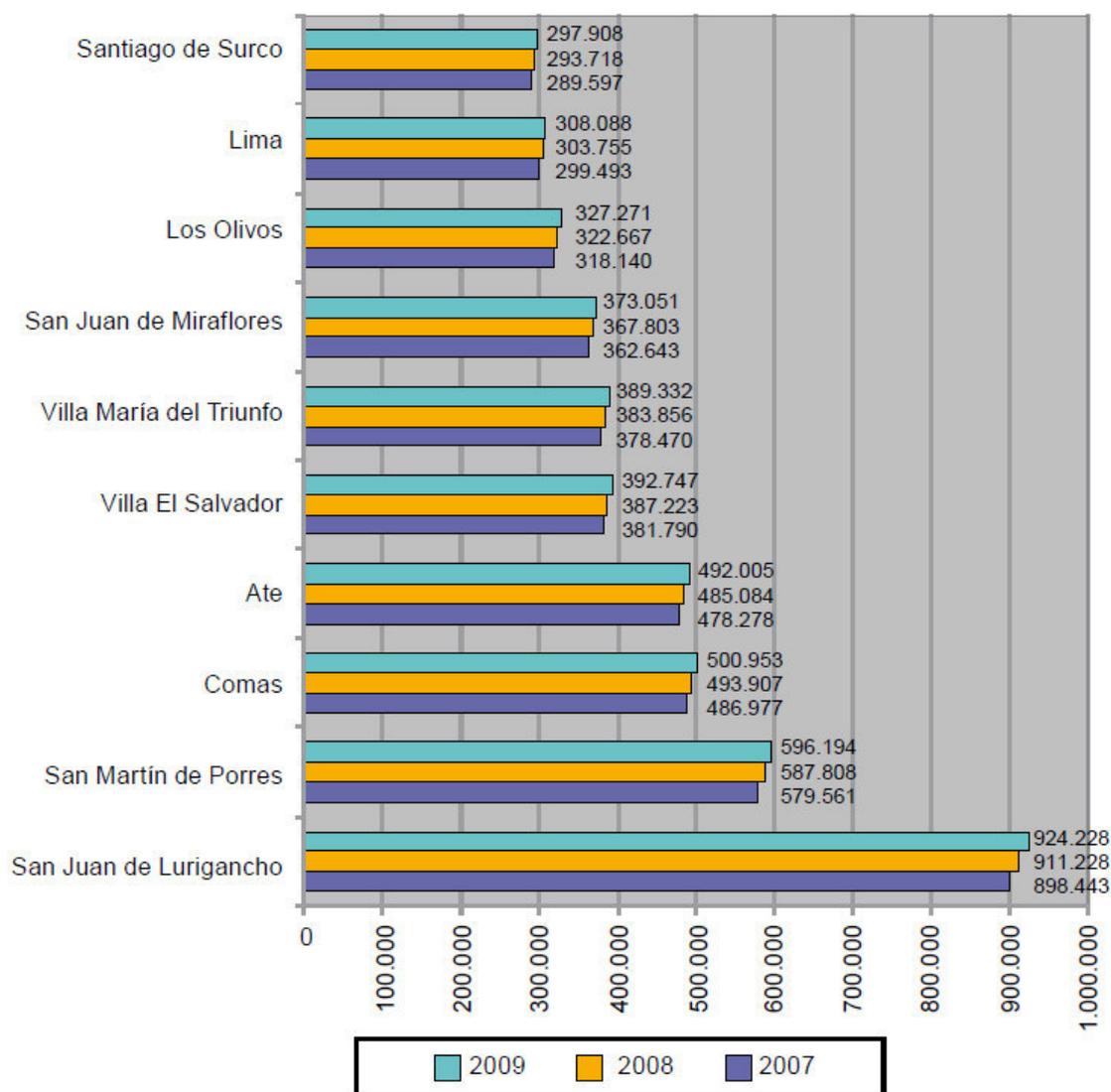


Ilustración 42: Los 10 distritos más poblados de Lima metropolitana. Fuente. Perú 2010, p. 29.

En los años 2007 a 2009, la población creció en un 1.42% y 1.43% respectivamente. De estos datos, se concluye, que la población de SJM va seguir creciendo en los próximos años. La cantidad de basura total generada tiene una correlación directa con el aumento de la población¹⁰³. Esto significa, que la cantidad de basura total generada en SJM que ya es comparablemente alta, va a seguir creciendo y los encargados tienen que enfrentar mayores cantidades de desechos y en conclusión mayores costos de recojo, de transporte y una necesidad creciente para el tratamiento / disposición final de los desechos.

¹⁰³ Benavides Obando 2007, p. 22.

2) Cantidad de desechos según nivel socioeconómico

En el año 2015 se hizo un estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de SJM. El promedio de generación de desechos por día fue de 0.58 kilogramos por persona. Dividiendo la muestra según sus tres niveles socioeconómicos resulta que hay una diferencia bien marcada entre la cantidad de desechos que se generan según los diferentes niveles. En la Ilustración 43 se puede observar que el nivel socioeconómico que genera en promedio menos basura en kilogramos por persona por día es el nivel B con 0.553 kg. El que sigue es el nivel C con 0.585 kg y el nivel que produce más basura es el nivel A con 0.601 kg. En la fuente no se indica explícitamente según qué criterios se ha definido los diferentes niveles pero se supone que se usó la fórmula estándar elaborado por la Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados.

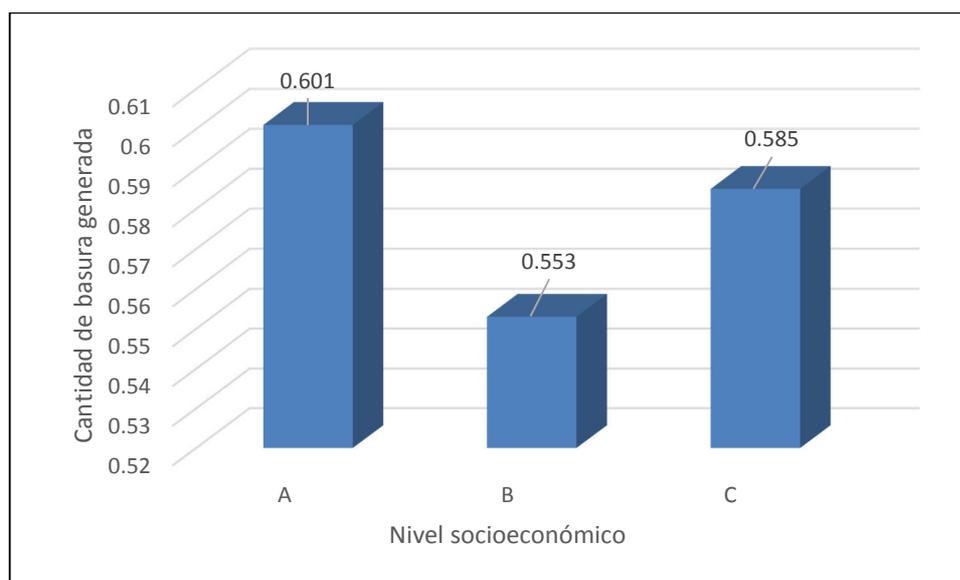


Ilustración 43: Generación de desechos según nivel socioeconómico. Fuente. Perú b 2015, p. 18.

En la Ilustración 44 se muestra gráficamente el tipo de desechos sólidos según nivel socioeconómico. Por razones de una mejor visualización, no se toma en cuenta el tipo de desechos principal: La materia orgánica. El porcentaje de la materia orgánica en los niveles C y B es con 56.27% y 56.82% respectivamente casi igual. En el nivel A sin embargo, el porcentaje es significativamente menor y alcanza solamente un 46.51%. Esto significa que

con un nivel socioeconómico alto el porcentaje de desechos orgánicos disminuye.

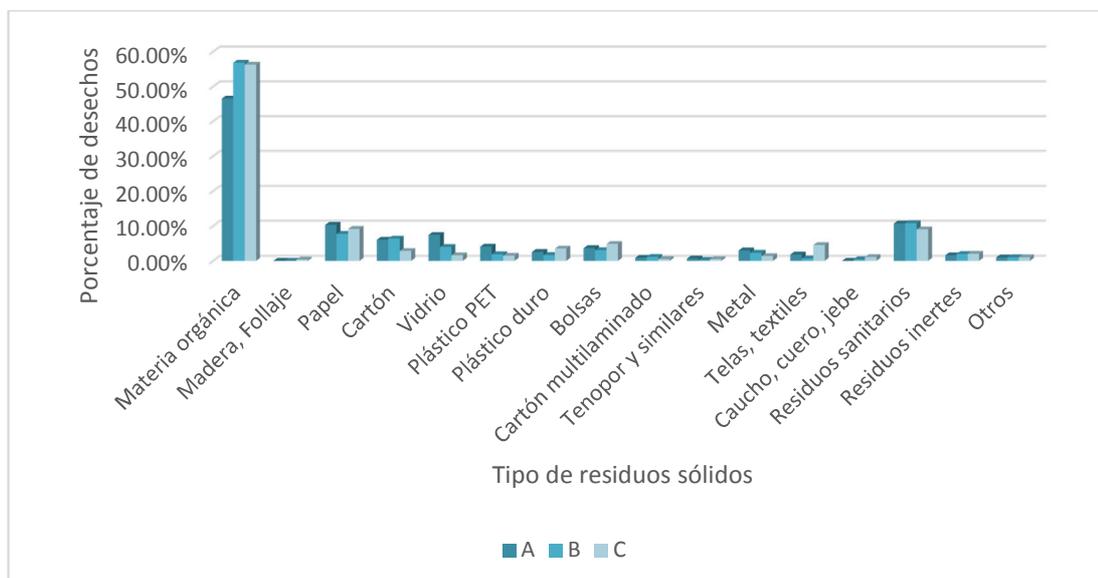


Ilustración 44: Tipo de residuos sólidos según nivel socioeconómico. Fuente. Perú b 2015, pp. 18-20.

El segundo porcentaje más alto de tipo de basura es de los residuos sanitarios. Aquí llama la atención que el porcentaje es bastante similar en los tres niveles y alrededor de un 10%. Una gran diferencia de porcentaje encontrada en los diferentes niveles se observa en la categoría de vidrio. Más alto el nivel social, más vidrio se botó. Una tendencia similar pero no tan definida se observa en el caso de plásticos PET y metal. En las categorías de desechos de bolsas, telas y textiles y caucho, cuero y jebe se registró un mayor porcentaje en el nivel C. Madera y follaje nunca se encontró en los desechos de los niveles B y A mientras hubo un 0.35% en el nivel C. Los habitantes clasificados en el nivel C normalmente usan maderas y follaje para la construcción de sus viviendas mientras las personas de los niveles B y A usan otros materiales.

En la Tabla 41 se presenta el porcentaje de la población de SJM según sus niveles socioeconómicos en los años 2004 y 2014.

	A	B	C
2004	5.47%	42.45%	52.08%
2014	1.50%	57.90%	40.60%

Tabla 41: Desarrollo socioeconómico en SJM. Fuente. Perú a 2004, p. 10 & Perú a 2014, p. 11.

Se observa que disminuyó el porcentaje de la población del nivel C en un 12% y el porcentaje de la población del nivel B incrementó en un 15% mientras el porcentaje de la población del nivel A disminuyó un 4% entre 2004 y 2015. Esto significa que hay una tendencia positiva. El nivel socioeconómico de la población de SJM está subiendo. La disminución del mayor nivel A se explica tomando en cuenta que estos habitantes se han mudado a otros distritos.

Considerando estos datos, se concluye que el nivel socioeconómico de SJM va a seguir creciendo en los próximos años y la parte de la población que pertenece al nivel B va a ser aún mayor. Se ha observado que el grupo B produce en promedio menos basura que los otros dos grupos que es muy favorable en este contexto. El porcentaje de los diferentes tipos de desechos va a cambiar: El porcentaje de vidrio y cartón va a subir mientras el porcentaje de telas, papel y bolsas va a disminuir. El porcentaje de desechos orgánicos va a seguir siendo el principal.

El problema encontrado es la de una mayor generación de desechos en los niveles socioeconómicos C y A.

5.4.1.2. Preparación para el recojo

El segundo paso en el ciclo de vida de los residuos sólidos es la preparación para el recojo. En seguida se presentan los problemas encontrados.

1) Falta de separación de los desechos

Actualmente no se separa los desechos en SJM que tampoco es necesario ya que no hay un servicio de recojo por separado y ningún tipo de reciclaje hoy en día. Este problema es más bien un problema que se va a enfrentar en el momento de la implementación del servicio de recojo por separado y el proceso de reciclaje. En algunos países se decide entre hasta 5 tipos de desechos diferentes que hace difícil categorizar los desechos.

2) Almacenamiento inadecuado

Como se ha mencionado en el análisis de la hipótesis dos, varios vecinos en SJM sacan su basura en bolsas y recipientes inadecuados. Las bolsas son

débiles y se rompen fácilmente. Además, se llena las bolsas demasiado hasta un punto en el que ya no cierran y la basura se cae de la bolsa.

Aparte de esto, en la mayoría de los casos se deja las bolsas de desechos por algunas horas en las veredas o pistas hasta que pase el camión. Bolsas guardadas en el piso son fácilmente abiertos por perros en su búsqueda de comida. Así, se dispersan los desechos.

5.4.1.3. Recojo de los desechos

El tercer paso en el ciclo de vida de los residuos sólidos es el recojo de los desechos. Estos problemas se refieren a las demoras que causa el comportamiento de la población en el momento de recojo de las bolsas por el camión. Estos problemas ya se han mencionado anteriormente y también ya se ha propuesto medidas de mejora en el punto “5.3.6.2. Mejorar el factor humano”. Por eso, se presenta únicamente un resumen corto para garantizar una vista completa.

1) Demoras en la entrega

Acompañando el camión de basura se observó que muchas personas no sacaron sus residuos sólidos a la hora adecuada sino en el momento en el que pasaba el camión e incluso después. Esto causó demoras en el servicio.

Además, en algunos casos, la población pedía a los basureros que se lleven desechos que no pueden ser recogidos por el tipo de camión que estaban usando. Esto también causa demoras.

2) Obstrucción del pase del camión

Otra causa de demoras son vehículos mal estacionados. Los camiones de basura tienen problemas de pasar y demoran más.

También, se observó material de construcción u otros materiales tanto como toldos para fiestas callejeras que obstruyen el pase del camión causando demoras.

5.4.1.4. *Transferencia al vertedero y Deposición*

Los últimos 4 pasos del ciclo de vida de los residuos sólidos se resume en un solo punto porque la población ya no tiene una influencia directa sino solamente indirecta.

1) Falta de incentivo para una menor generación de desechos

En SJM la municipalidad es encargada de la gestión de los residuos sólidos domésticos y no es tarea de la población según el artículo No. 119.1. Del manejo de los residuos sólidos de la Ley General del Ambiente – Ley No. 28611 (13.10.2005). Además, SJM tiene la libertad política y administrativa de establecer los costos por concepto de arbitrios municipales de la Limpieza Pública incluyendo la recolección de residuos sólidos, el cuidado de parques y jardines y del Serenazgo según la Ley Orgánica de Municipalidades No. 27972. SJM tiene un financiamiento a través de tasas no relacionadas a la producción de residuos sólidos. El monto de los arbitrios se calcula según cuatro criterios¹⁰⁴:

1) Zona municipal:

- a) Pamplona Alta
- b) Ciudad de Dios
- c) Pamplona Baja
- d) Urbanización San Juan
- e) Pampas de San Juan y María Auxiliadora
- f) Panamericana Sur y Zona Residencial

Esta zonificación se usó para adaptarse a la calidad de servicio de recojo de los desechos que se brinda efectivamente. En zonas con un acceso difícil como en Pamplona Alta se brinda únicamente un servicio indirecto mientras zonas residenciales tienen un servicio de la puerta¹⁰⁵.

2) Número de personas por zona municipal:

¹⁰⁴ Perú b 2007, p. 361993.

¹⁰⁵ Perú b 2004, p. 22.

Se usa los números de los habitantes por zona municipal elaborados por el Censo del Instituto Nacional de Estadística e Informática el 21.10.2007 para una mejor distribución.

3) Tamaño del predio (m2):

Se supone que la cantidad de desechos producidos es proporcional con al área construida.

4) Uso del predio:

- a) Casa habitación
- b) Sector educativo
- c) Sector salud
- d) Mercados
- e) Fundaciones sociales
- f) Comercio 1
- g) Comercio 2
- h) Otros usos
- i) Gobierno central
- j) Hipermercado
- k) Servicios de Hospedaje
- l) Industria
- m) Comercio ambulatorio fijo
- n) Comercio ambulatorio transitorio

Esto significa que el pago por el servicio de recojo de los residuos domésticos tiene solamente una conexión indirecta con la generación y no genera un incentivo directo de disminuir la cantidad de desechos.

2) Falta de fondos

En SJM hay poca cultura de pago de los arbitrios con el que se financia el recojo de los desechos domiciliarios. La tasa de morosidad del pago es muy alta. La Ilustración 45 muestra la tasa de morosidad de los arbitrios según las diferentes zonas en SJM en el año 2008. El promedio de morosidad es con 73.51%, muy alto. Únicamente 26.49% de la población paga sus arbitrios. Para crear un incentivo para pagar los impuestos puntual, se dio un descuento

de 5% en el caso de un pago puntual según el artículo 2 de la ordenanza que regula el procedimiento de pronto pago de los arbitrios en la municipalidad de San Juan de Miraflores, correspondiente al año 2015¹⁰⁶. Además, hay una imposición de una multa tributaria entre 15% y 100% de la UIT si no se paga dentro del plazo establecido. El porcentaje depende de la fecha de la infracción, el tipo de la declaración jurada (inscripción o descargo) y el tipo de contribuyente (persona natural, persona jurídica, etc.)¹⁰⁷. El problema es una baja cultura de pago de los arbitrios que significa un presupuesto menor de lo necesario para brindar un servicio satisfactorio y sostenible.

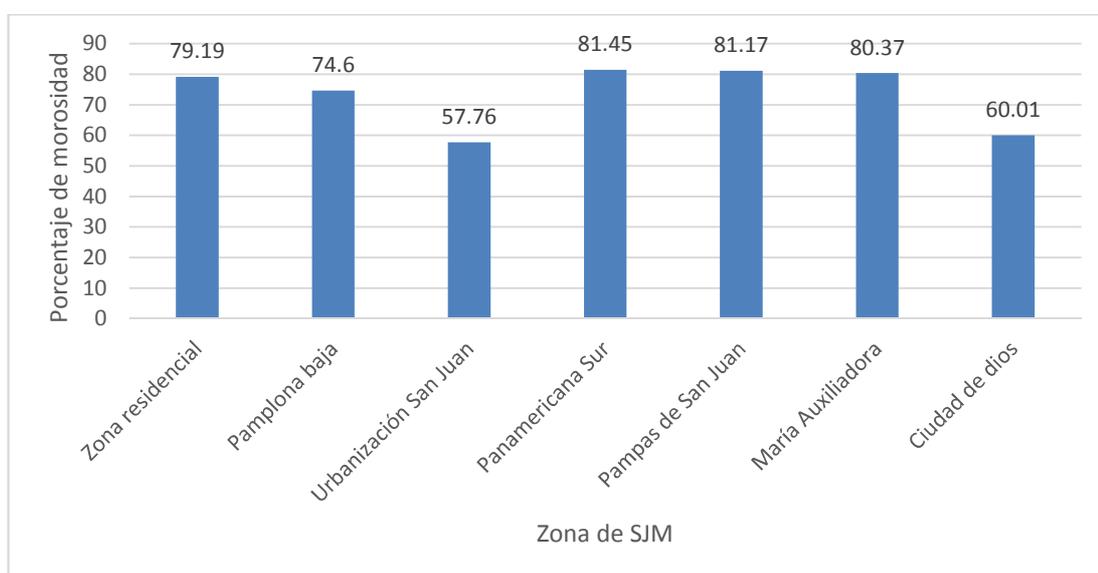


Ilustración 45: Tasa de morosidad del pago de arbitrios en SJM en 2008. Fuente. Perú 2009, p. 21.

5.4.1.5. Cultura y educación

En SJM existe una limitada cultura y conciencia de cuidado al ambiente y hasta hoy en día solamente hubo intentos parciales y esporádicos en cambiar esta actitud. Sin embargo, cuando se realiza campañas de limpieza y sensibilización la población participa en estos y colabora. Pero no existe una red social que maneja o apoya el cambio de un manejo integral de los desechos. Tampoco existe un control social del desempeño del servicio de limpieza pública¹⁰⁸.

¹⁰⁶ Perú a 2015, p. 547549.

¹⁰⁷ Perú 2016.

¹⁰⁸ Perú b 2004, p. 23.

1) La polución del entorno

La falta de una cultura hacia una gestión sostenible, saludable y amigable para el ambiente se presenta de una forma muy obvia cuando la población bota los desechos en la calle, parques y áreas verdes en vez de botarlos con sus desechos domésticos o en el tacho más cercano. Además, sobre todo hombres orinan en las calles y lugares públicos con una frecuencia muy alta. El resultado son calles sucias y apestosas que favorecen la aparición de enfermedades y causan una baja calidad de vida.

2) Falta de limpieza por parte de los propietarios

Aunque se ha observado a varios vecinos que limpian la parte de las veredas que está más cerca a sus puertas principales, la mayoría de los propietarios o inquilinos de las casas o departamentos no recogen los desechos que otros han botado en su jardín o la vereda que limita con su terreno. La mayoría más bien espera que el servicio de barrido de calles recoja los desechos o les da igual. Ya que el servicio de barrido de calles en la actualidad no cubre un 100% del distrito y tampoco pasa diariamente por las zonas que sí cubre, las calles quedan sucias. Esto implica todas las consecuencias mencionadas anteriormente con respecto al problema de la polución del entorno. Aparte de esto, el entorno sucio y descuidado aumenta la criminalidad en el distrito según la Teoría de las Ventanas Rotas de Wilson y Kelling (1982).

5.4.2. Cultura actual según Hofstede

Antes de cambiar una cultura primero hay que entender la cultura actual. Con la ayuda de las cinco dimensiones de Hofstede uno gana fácilmente una visión conjunta de la cultura peruana en comparación con otras culturas. Como país de referencia se eligió Alemania ya que Alemania tiene una cultura casi opuesta y por eso sirve para demostrar los puntos claves de una manera fácil. La Ilustración 46 resume los valores de las cinco dimensiones de Hofstede de una manera visual tanto de Perú como de Alemania.

Perú tiene un valor de **distancia de poder** comparablemente alto (64). Esto significa que en Perú se observa una gran inquietud entre supervisores y empleados, los líderes y la población común. Esto implica que la mayoría de

las personas están acostumbradas a una supervisión que indica lo correcto y penaliza un comportamiento erróneo. Actualmente no existe un control del comportamiento de las personas con respecto a la cantidad generada de desechos sólidos ni de la basura que bota la gente en la calle y lugares públicos.

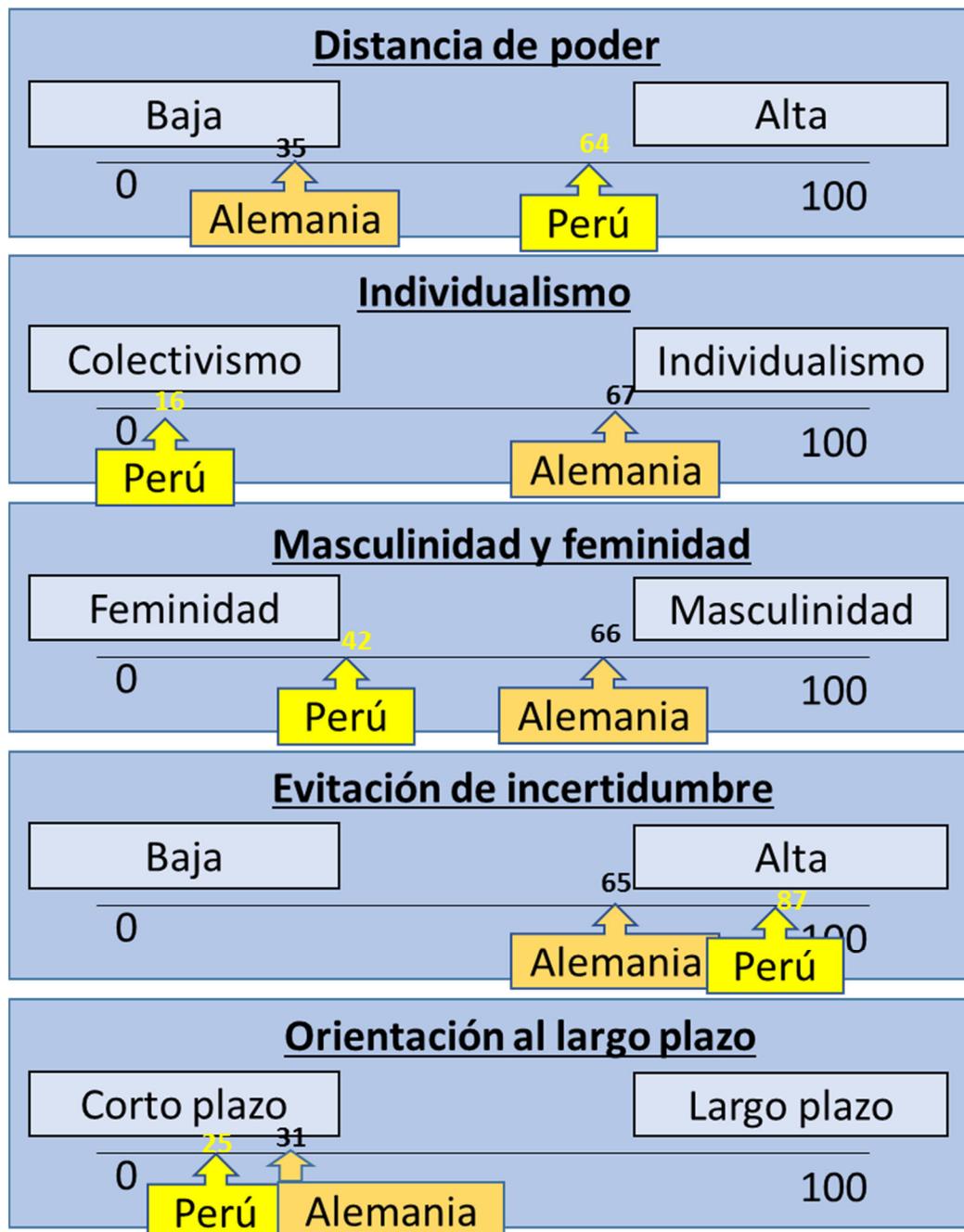


Ilustración 46: 5 dimensiones de Hofstede: Perú y Alemania. Fuente. Hofstede, The Hofstede Center.

El **individualismo** en Perú es muy bajo (16). Este pensamiento colectivista es muy común en los países sudamericanos mientras la población en Europa y los Estados Unidos muestra un comportamiento muy individualista como se puede observar en el resumen de las cinco dimensiones de Hofstede de 53 países que se encuentra en el Anexo 6. Con respecto al plan de mejora se puede aprovechar este pensamiento que incluye fuertes relaciones familiares explicando las consecuencias desastrosas que implica una gestión no-sostenible de los desechos sólidos para las generaciones futuras, es decir para los hijos y seres queridos de cada uno.

Además, Perú es un país más **femenino que masculino** (42). Esto implica que se prefiere esperar que se resuelven los problemas en vez de enfrentarlos. En el caso presente esta característica es desfavorable ya que la población debe revisar su conducta y la de los demás de una manera crítica. Sabiendo de esta tendencia en la población, es muy importante informar al pueblo sobre los problemas y empezar el diálogo para poder resolverlos. Aparte de esto, también hay que intentar llegar a un punto en que hay un control social de la población para la población. Esto significa ciertos conflictos porque hay que llamar la atención a familiares, amigos y vecinos que actúan mal.

Perú tiene un alto nivel de **evitación de incertidumbre** (87). La fuerte evitación de incertidumbre es algo común en los países que fueron colonizados. La población siente una necesidad de un alto grado de reglamentos pero en la vida real la mayoría no los respeta y hay un alto nivel de corrupción. Estas definiciones son verificadas en el caso del escaso cumplimiento de las leyes ambientales que se ha mostrado en el punto "5.2.2. Problemas con respecto al impacto ambiental".

La **orientación al largo plazo** de Perú es baja. Esto significa que las personas son más orientadas hacia el pasado y el presente. En el caso de la polución actual de las calles este pensamiento está bien pero en el caso del reciclaje y la disminución de la cantidad de desechos hay que mostrar que es esencial cambiar algo hoy para que se viva mejor mañana.

5.4.3. Plan de acción

Para combatir los problemas encontrados se elaboró un plan de acción con 6 programas para sensibilizar a la población en el manejo responsable y sostenible de los desechos domésticos que se presenta en la Tabla 42.

Objetivo general	Sensibilización y mejora de comportamiento de la población para el manejo responsable y sostenible de desechos domésticos.				
Meta general	Facilitación de una gestión integral, sana, amigable para el ambiente y sostenible de los desechos sólidos en SJM a través de información, capacitaciones, educación y el establecimiento de un control social.				
Problema	Causa	Solución	Método	Destinatarios	Plazo / Frecuencia
1. Programa	Disminución de la cantidad de basura				
Aumento de la cantidad de desechos	- Crecimiento de la población - Cambio de consumo según nivel socioeconómico	- Principio de minimización - 4 Rs	- Campañas en las calles - Colaboración con colegios	- Toda la población - Escolares	- Cada primer domingo del mes - Una visita de cada salón
Falta de incentivo de una generación menor de desechos	- Pago por servicio de recojo sin relación a la cantidad generada	- Uso de una tasa relacionada a la producción de residuos sólidos - Motivación por admiración social	- Cambio de la legislación - Publicación de la cantidad de desechos recogidos por zona	- Toda la población - Vecinos de cada zona	- Indefinido - Mensualmente
2. Programa	Separación de desechos				
Falta de conocimiento de la separación correcta	- No hay separación de desechos	- Información	- Volantes - Pizarras informativas	- Toda la población	- Diariamente en el mes antes del inicio del recojo por separado
3. Programa	Creación de una conciencia para almacenar la basura adecuadamente				
Almacenamiento inadecuado	- Falta de conocimiento - Falta de cuidado	- Información	- Volantes - Sistema de semáforo	- Toda la población	- Junto con el programa 1
4. Programa	Facilitación del recojo				
Entrega atrasada, falsa y obstrucción del pase del camión	- Falta de cuidado	- Información	- Volantes - Sistema semáforo - Pizarras informativas	- Toda la población - Personas que cometen faltas	- Junto con los otros programas - continuamente
5. Programa	Mejorar el porcentaje de pagos de arbitrios a un 60% en 2016				
Incumplimiento con el presupuesto previsto	- Alta tasa de morosidad del pago de los arbitrios por el servicio de Limpieza Pública	- Información - Sanciones - Amnistía	- Volantes - Visita personalizada de los deudores - Embargo judicial de los bienes	- Deudores	1 año
6. Programa	Calles limpias				
Falta de una cultura de cuidado del ambiente	- Falta de educación formal - Falta de un control social	- Educación formal - Generación de un control social	- Colaboración con colegios - Colaboración con empresas - Día de acción de recojo de desechos por voluntarios	- Toda la población - Escolares - Trabajadores	- Cada primer domingo del mes - Una visita de cada salón - Una visita de cada centro laboral / empresa

Tabla 42: Plan de acción para el mejoramiento de la conducta del pueblo. Fuente. Elaboración propia.

1) Disminución de la cantidad de basura

Con este programa se combate dos problemas. El primero es el aumento de la cantidad de desechos que es causado por el crecimiento de la población y el cambio del consumo según nivel socioeconómico. Para solucionar este problema, se enseña el principio de la minimización a través de campañas en las calles y en colaboración con colegios. El principio de la minimización dice que cada kilogramo de basura que no es producido es un kilogramo menos que hay que reciclar, tratar o enterrar. Hay que disminuir la base de la pirámide para que al final haiga menos desechos enterrados que causan daño en el ambiente. Los 4 Rs sirven como guía para la disminución:

- 1) **Reducir** la cantidad de residuos que se genera en la casa, en el colegio, la universidad o el trabajo. Un ejemplo es la impresión de dos caras o incentivar a los proveedores vender sus productos con menos envolturas o en envases retornables.
- 2) **Reutilizar** los productos que se puede reutilizar sin tratamiento. Es decir, que se debe tratar de prolongar la vida útil de los productos. Un ejemplo es la compra de envases retornables como gaseosas en botellas de vidrio en vez de plástico.
- 3) **Reciclar** los residuos de materia prima para otros productos.
- 4) **Rechazar** los productos con envolturas exageradas o envases no retornables¹⁰⁹.

Es fácil llegar a los niños a través de campañas escolares que se debe realizar una vez en cada salón. Después, se debe hacer seguimiento en colaboración con el director y los profesores del colegio para que sigan hablando de la problemática y así educan a los niños para que sean ciudadanos responsables que respetan el ambiente. En el caso de los adultos que son un ejemplo para sus hijos es más difícil llegar a todos. Se debe intentar llegar a los vecinos a través de campañas en las calles de SJM que se debe realizar cada primer domingo del mes en lugares diferentes, empezando en las zonas críticas con más desechos.

¹⁰⁹ Perú a 2007, pp. 8-9.

El otro problema es la falta de incentivo de una generación menor de desechos. Una ventaja o desventaja económica normalmente es el incentivo más efectivo ya que se puede medirlo directamente. El problema es generado porque el pago por el servicio de recojo no está relacionado directamente a la cantidad generada. En el momento se piensa que sería un gasto demasiado grande para cambiar la flota de vehículos contra vehículos que pueden pesar los desechos. Además, esto traería muchos problemas y costos adicionales como la necesidad de comprar recipientes compatibles con la tecnología de los camiones y varios otros. Pero el riesgo más alto es que la población tratará de evitar el pago y botará los desechos ilegalmente en espacios públicos. Por eso, se piensa que todavía no es viable relacionar el pago con la cantidad de desechos generados y hay que postergar este programa por un tiempo indefinido hasta que la necesidad de una deposición y tratamiento ecológico de los desechos estará tan aceptada y respetada que ya no se tendrá que temer que la población botará los desechos en un lugar inadecuado para ahorrar dinero.

En vez de relacionar el pago ahora con la cantidad generada, se propone crear un incentivo que genera como premio la admiración social de los otros habitantes. Se debería publicar en las pizarras informativas la cantidad recogida por zona por mes junto con un análisis de la mejora con respecto al mes anterior y un resumen de la evolución de todo el tiempo de la toma de datos. Así se permite ver a la población cuanta basura produce en comparación con otras zonas de SJM y la misma población puede vigilar si la cantidad de desechos aumenta o disminuye.

Seguramente este sistema de incentivo por prestigio social no es tan efectivo como fuera una tasa relacionada a la producción real de los desechos pero no se ve una oportunidad de éxito para una tasa en el momento.

2) Separación de desechos

Ya que actualmente no se separa los desechos en SJM y tampoco en otros distritos de Lima, el sistema de separación es desconocido para la gran mayoría de los vecinos de SJM. Para que el sistema de colección funcione, es esencial que se informe a la población. Solamente se va a separar entre

desechos orgánicos y desechos inorgánicos. Esta diferenciación es muy simple y no necesita mayor entrenamiento. Por eso, se debe entregar volantes con las explicaciones y ejemplos adecuados y publicarlos también en las pizarras educativas. Este tema también debe ser mencionado en las campañas en las calles. Pero en primer lugar se debe difundir este conocimiento dentro del mes antes del inicio del recojo por separado para que llegue a toda la población y no sea olvidado.

3) Creación de una conciencia para almacenar la basura adecuadamente

El tercer programa combate el problema de un almacenamiento inadecuado de los desechos afuera de la vivienda que es causado principalmente por la falta de conocimiento y falta de cuidado. La clave para solucionar este problema es la información. Se debe usar volantes y mencionarlo también en las campañas. Además, se debe usar el sistema semáforo explicado en el punto “5.3.6.2. Mejorar el factor humano” para avisar a las personas que no siguen las recomendaciones.

4) Facilitación del recojo

Por falta de cuidado varias veces la entrega de las bolsas de desechos es atrasada. Aparte de esto, algunos vecinos tratan de convencer que el camión recoja desechos que causarían daño a la maquinaria. Otro problema es la obstrucción del camino por vehículos mal estacionados y obstáculos en la pista que obstruyen el pase del camión. En este caso se usa básicamente los mismos métodos como en el programa 3: Volantes para informar sobre el problema y su solución, el sistema semáforo para llamar la atención a personas que no respetan las reglas y pizarras informativas para que la información siempre esté presente. Este trabajo se dirige a la población de SJM en general y el sistema de semáforo se dirige a las personas que siguen dificultando el ejercicio del servicio de recojo. La parte informativa se realiza junto con los otros programas para ahorrar costos y el sistema semáforo se debe aplicar continuamente.

5) Mejorar el porcentaje de pagos de arbitrios a un 60% en el 2016

Este programa es sumamente importante ya que actualmente no se recibe el 100% del presupuesto asignado para realizar un servicio adecuado en todo el distrito. La alta tasa de morosidad del pago de los arbitrios por el servicio de Limpieza Pública debe ser combatida en tres pasos:

- a) Información
- b) Amnistía
- c) Sanciones

Primero hay que informar por correo a los deudores sobre la cantidad de sus deudas y las multas administrativas acumuladas. Además, hay que ofrecer una amnistía de las multas si se paga voluntariamente las deudas. Si no hubo una reacción después de un mes, una persona debe visitar al deudor y conversar la situación con él. Si después de otro mes todavía no hay ningún pago se debe aplicar sanciones a través de embargo de bienes como televisores, laptops o muebles. Una visita personal de cada deudor es una tarea muy grande y costosa. Por eso, no se puede visitar a todos los deudores a la misma vez. Se debe empezar con las personas con las deudas más altas. En estos casos es menos probable que las personas se acerquen por su propia voluntad. Además, se espera que el ejemplo de algunas personas que sufrieron de un embargo de bienes alerte a otros deudores que así son más motivados para pagar sus deudas. Sin embargo, es muy importante que los funcionarios de la municipalidad usen un buen criterio cuando ordenan las sanciones. Siempre hay que respetar el pensamiento social. Si una familia por ejemplo está en una crisis económica por un hijo que tiene problemas de salud, se debería buscar una forma de postergar el pago o incluso borrar las deudas para que la familia pueda pagar sus impuestos en el futuro. Para que esto sea posible, hay que crear normas y leyes para que los funcionarios no puedan volverse corruptos. La idea de este reglamento no es crear más problemas a las personas sino cobrar las deudas a las personas y negocios que pueden pagarlas y no lo han hecho.

6) Calles limpias

El sexto programa es dedicado a la creación de una cultura de cuidado al ambiente. Para crear dicha cultura, se debe brindar una formación formal especialmente en el caso de los jóvenes y niños y apoyar en crear un control social. La formación formal se debe coordinar con los jardines de niños y colegios. Aparte de un día de acción en que un representante de la municipalidad de SJM explica el impacto de desechos botados en la calle y muestra cómo y dónde se debe botar la basura correctamente, se debe pedir el apoyo continuo del personal educativo. Los niños y jóvenes deben aprender que hay que botar la basura en los tachos. Si por ejemplo un profesor observa a un niño que bota papel en el jardín, debe llamarle la atención y pedirle que bote la basura en el tacho. Además, los colegios deben implementar un sistema rotativo en el que los alumnos de un salón están encargados de recoger los desechos botados en las áreas comunes en el colegio todos los días por una semana. Dependiendo de la empresa y del tipo de negocio, también se puede trabajar de esta forma en la educación formal en los centros laborales. La generación de un control social es una tarea difícil. Un cambio cultural normalmente toma mucho tiempo y empieza con los niños. Sin embargo, se espera que se forme una base por la educación formal. Aparte de esto, los representantes de instituciones estatales como el Serenazgo y la policía deben dar buenos ejemplos. Ellos nunca deben ser observados botando basura en la calle y deben llamar la atención en el caso de que vean a alguien que bota sus desechos en la vía pública u otros lugares inadecuados. Otro método para crear una mayor consciencia de la problemática de los desechos y las posibilidades que tiene cada uno para combatirla es la organización de un día de limpieza. En este día de limpieza, se anima a la población en colaboración con los colegios y centros laborales a recoger la basura que está en la vía pública. Se programa una hora de inicio en un punto fijo. Se forma grupos de 3-4 personas y se reparte bolsas de basura y guantes. Se asigna una zona a cada equipo donde las personas deben recoger los desechos. Durante la acción, el vehículo de supervisión y otros vehículos de apoyo deben pasar por las calles para que los equipos no tengan que cargar mucha basura y puedan vaciar sus bolsas. Después de la

acción, se debe invitar a todos los voluntarios a un almuerzo/cena y agradecerles por su apoyo. Con estas medidas se va formando poco a poco una conciencia ambiental.

5.5. Programa de gestión

Para disminuir el impacto ambiental, mejorar el servicio de recojo y sensibilizar a la población con respecto al manejo de residuos sólidos residenciales en SJM, se elaboró diferentes soluciones que se presentó por separado. Durante la elaboración de cada una de estas partes se hizo muchas referencias a las otras partes. Esto muestra que no se debe ver los tres pilares de la mejora por separado sino en un su conjunto. Ningún pilar puede ser mejorado si no se trabaja al mismo tiempo en los otros dos pilares. En la Ilustración 47 se muestra visualmente como las tres partes interactúan y forman juntos un programa de gestión sólido y bastante completo.

Dentro de las propuestas de mejorar en el sector del ambiente, las propuestas de la capacitación del personal y las mejoras en el transporte y deposición final de los desechos inorgánicos tienen una relación cercana. Solamente un personal capacitado puede guiar e implementar un cambio de este tamaño. También, los programas de separación de los residuos sólidos domésticos y el compostaje de los desechos orgánicos se retroalimentan. El compostaje no sería posible si no se hace anteriormente una separación correcta y la separación de los desechos no tendría sentido si no se recicla la basura.

Dentro del servicio de recojo, tanto el personal como el factor humano son variables que influyen mucho en la ruta y sobre todo en el éxito del servicio de recojo.

En el pilar de la conducta de la población, el programa de generación de una cultura de cuidado del ambiente forma prácticamente la base para los otros programas. Todos los otros puntos dependen mucho de la buena voluntad de la población de cambiar situaciones no favorables.

Sin embargo, las relaciones entre los programas de los diferentes pilares también son fuertes e importantes. Solamente un personal administrativo

capacitado puede elegir, dirigir y motivar el personal de recojo y puede encontrar las acciones correctas para lograr un mayor cobro de impuestos.

Al mismo tiempo, las mejoras en el transporte y la deposición final de los desechos inorgánicos influye directamente en la ruta. Si se usa la planta de transferencia en SJM, los camiones de basura tienen un camino mucho más corto. Así se ahorra tiempo y dinero. El compostaje de los desechos orgánicos también tiene una gran influencia en la ruta. Si se trabaja con un centro de compostaje dentro de SJM, el camión también tiene una ruta más corta y la cantidad de desechos que hay que transportar hasta la planta de tratamiento que está afuera de SJM disminuye por más de la mitad. Además, las tres mejoras que se logra dentro del pilar de la conducta de la población – un almacenamiento adecuado, la reducción de la cantidad de los desechos y la facilitación del recojo – afectan la ruta de una manera directa y positiva, principalmente en ahorro de tiempo, de dinero y un mejor desempeño. Tanto el compostaje como la separación dependen mucho del factor humano y varios puntos de la conducta de la población como de la separación correcta y una cultura de cuidado del ambiente.

Las relaciones mencionadas no son completas pero dan un buen ejemplo de la complejidad del plan de mejora. Ninguna de las tres secciones sería exitosa sin las otras dos pero juntas crean un programa de gestión que mejora el manejo de los residuos sólidos en SJM. Además, este programa de gestión puede servir como ejemplo para otros distritos que se encuentran en situaciones similares.



Ilustración 47: Programa de gestión para mejorar el manejo de desechos. Fuente. Elaboración propia.

VI. PRESUPUESTO

Para tener una idea más clara de la viabilidad del programa de gestión, la Tabla 43 resume los presupuestos para cada proyecto.

Las mejoras con respecto al impacto ambiental son las más costosas de los tres pilares. El factor más caro es la planificación y construcción de un centro de compostaje con 2,030,500.00 Nuevos Soles. Otro costo importante con 21,500.00 Nuevos Soles es generado por las mejoras en el transporte y deposición de desechos inorgánicos. Los otros dos proyectos, la capacitación del personal administrativo y la separación de residuos sólidos domésticos, son comparablemente económicas con 10,000.00 Nuevos Soles y 6.500,00 Nuevos Soles respectivamente.

El servicio de recojo es el pilar más barato de las mejoras. No se tiene que gastar en servicios sino principalmente en sueldos de personal capacitado y material para poder realizar las mejoras. El cambio de la ruta es el más fácil de las mejoras ya que únicamente implica un costo de 2.500,00 Nuevos Soles que corresponden a un sueldo mensual de una persona capacitada que puede analizar y replantear la ruta. Atacar los problemas del factor humano cuesta aproximadamente 12,300.00 Nuevos Soles. El mayor costo es causado por la necesidad de poner paneles informativos. Esto es un costo único que es preferible a costos repetitivos. En el caso de la mejora con respecto al personal, el mayor costo es causado por los bonos que se da a los trabajadores para que trabajen más motivados y contentos. Se calculó con un bono de 200.00 Nuevos Soles como bono promedio para cada uno de los 114 empleados actuales. Este costo es al contrario al costo de los paneles informativos, un costo repetitivo que se tiene que pagar anualmente.

Para mejorar la conducta del pueblo, se calcula un presupuesto de 103,000.00 Nuevos Soles. Los costos de los cuatro proyectos de la disminución de la cantidad de basura, la separación de desechos, la creación de una conciencia para almacenar la basura adecuadamente y la facilitación del recojo van juntos y son difíciles de separar. Los cuatro proyectos requieren material

informativo y campañas así que se coordina entre los cuatro proyectos para aprovechar de las sinergias.

El segundo proyecto más costoso de todos es la mejora del porcentaje de pagos de arbitrios a un 90% ya que hay que pagar a dos personas capacitadas que hacen visitas personalizadas y se encargan del embargo de los bienes si fuera necesario. El proyecto de las calles limpias cuesta 8,500.00 Nuevos Soles que son causados principalmente por la necesidad de financiar campañas.

El presupuesto total es de 2,229,318.00 Nuevos Soles para todo el programa de gestión. Este costo solamente incluye costos directos y costos de oportunidad. Sin embargo, siempre hay factores imprevistos y se debe asegurar con un aumento del presupuesto a 2,500,000.00 Nuevos Soles para tener la certeza que se puede realizar todos los proyectos. Considerando una población de 382,915 personas en SJM, esto significa un pago adicional de 6.53 Nuevos Soles por persona en un pago único. Debido a que este costo adicional es muy bajo, el proyecto es realizable.

	Mejora	Remuneración	Bienes	Servicios	Total
Impacto ambiental	Capacitación del personal administrativo			10,000.00 Pagos universitarios	10,000.00
	Separación de residuos sólidos domésticos	4,000.00 Persona capacitada + facilitador	1,000.00 Volantes, toldos... 1,500.00 Bolsas orgánicas		6,500.00
	Compostaje de los desechos orgánicos	21,000.00 Sueldo anual del personal del centro 1,250.00 Profesional que capacita 250.00 Costos de oportunidad de coordinación 4,000.00 Costos de oportunidad para personal que elabora políticas	2,000,000.00 Edificios y construcciones 1,000.00 Volantes, toldos... 2,000.00 Equipos para la documentación	1000 Asignación de un terreno	2,030,500.00
	Mejoras en el transporte y deposición de desechos inorgánicos	500.00 Costos de oportunidad de la búsqueda de una planta		20000 Saneamiento de faltas administrativas 1000 Contrato con la planta	21,500.00
	La ruta	2,500.00 Profesional que analiza la ruta y la mejora			2,500.00
Servicio de recojo	El factor humano	2,500.00 Costos de oportunidad para establecer una ley	800.00 Avisos para el sistema semáforo 9,000.00 Paneles informativos		12,300.00
	El personal	818.00 Entrenamiento del personal nuevo + capacitaciones 22,800.00 Sistema de bono	8,000.00 Servicios higiénicos 11,400.00 Ropa + EPP		43,018.00
	Disminución de la cantidad de basura	7,500.00 Campañas callejeras + escolares	1,000.00 Material educativo		8,500.00
Mejoramiento de la conducta del pueblo	Separación de desechos	6,000.00 Repartición de los volantes/la información	1,000.00 Volantes		7,000.00
	Creación de una conciencia para almacenar la basura adecuadamente	Incluido en el presupuesto de los dos proyectos anteriores	Incluido en el presupuesto de los dos proyectos anteriores		0.00
	Facilitación del recojo	Incluido en el presupuesto de los dos proyectos anteriores	Incluido en el presupuesto de los dos proyectos anteriores		0.00
	Mejorar el porcentaje de pagos de arbitrios a un 60% en 2016	6,000.00 Repartición de los volantes/la información 72,000.00 Dos personas que hacen visitas personalizadas y embargo de bienes	1,000.00 Volantes		79,000.00
	Calles limpias	7,500.00 Campañas con colegios + empresas	1,000.00 Material educativo		8,500.00
	Total				2,229,318.00

Tabla 43: Presupuesto en Nuevos Soles. Fuente. Elaboración propia

VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Para poder tener una vista más general de los plazos de las distintas actividades, se resume los tiempos de ejecución previstos en la Tabla 44. Ya que se ha detallado de los plazos establecidos en su mayoría, de cada actividad anteriormente y por razones de mejor visualidad no se despiece cada paso por separado sino que se resume los pasos en su proyecto respectivo.

Dentro de los proyectos para disminuir el impacto ambiental se encuentra el proyecto más largo, el proyecto del compostaje de los desechos orgánicos. Este proyecto tiene una duración de 23 meses porque se tiene que asignar un terreno adecuado y construir un centro de compostaje adecuado. El proyecto de las mejoras en el transporte y deposición de desechos orgánicos tiene que empezar después de que terminen los contratos con los transportistas actuales para evitar multas y duplicar costos corrientes. La capacitación del personal administrativo es una de las primeras actividades que hay que realizar porque la educación adecuada forma la base para realizar las otras actividades satisfactoriamente. Sin embargo no se puede iniciar la capacitación instantáneamente ya que hay que elegir al personal adecuado y establecer un convenio con una universidad. El plazo de la implementación de la separación de los residuos domésticos es con tres meses relativamente corto. Esta actividad no necesita mucha preparación ya que los pasos para seguir son simples: Se informa a la población, se distribuye los materiales necesarios, se planifica el nuevo sistema de recojo y se implementa el nuevo sistema.

Las actividades para mejorar el servicio de recojo son las que se puede implementar temprano y dentro de pocos meses. El cambio de la ruta en la zona A se puede implementar instantáneamente porque ya se ha elaborado la nueva ruta en este trabajo. Aprovechando la experiencia que se ha ganado en este trabajo, se puede mejorar las rutas de otras zonas con mayor facilidad y dentro de tres meses.

También los proyectos del factor humano y del personal no necesitan mayor tiempo de preparación y puede iniciar dentro de los próximos meses.

Mientras las actividades de los dos primeros pilares del programa de gestión son actividades que se realizan constantemente por un cierto tiempo, las actividades del mejoramiento de la conducta del pueblo requieren en su gran mayoría un trabajo repetitivo. En la Tabla 44 se puede observar que las cuatro actividades de la disminución de la cantidad de basura, la creación de una consciencia para almacenar la basura adecuadamente, la facilitación del recojo y las calles limpias necesitan ser realizadas una o dos veces por mes. Estas repeticiones son necesarias para llegar a un alto porcentaje de la población y tener las ideas y los presentes consejos. Así se maximiza el éxito de las actividades. El proyecto de la separación de desechos es realizado un mes antes de que se empieza a recoger los desechos por separados para que la población tenga el tema presente y esté informada. El recojo por separado ya debe empezar antes de que se tenga habilitado el centro de compostaje al 100% para que la población se vaya acostumbrando y en el momento de la inauguración del centro de compostaje los desechos estén bien separados. Si se tuviera un alto porcentaje de desechos mal separados, el fertilizante ganado por el compostaje será contaminado. Las actividades de la creación de una consciencia para almacenar la basura adecuadamente y la facilitación del recojo se intensifican en el mes de Julio 2016 ya que el personal administrativo ya está capacitado y habría elaborado el contenido para el material informativo durante su capacitación universitaria. Además, se prefiere terminar estas actividades antes de empezar con el proyecto del compostaje de los desechos orgánicos para no tener demasiados proyectos al mismo tiempo. Si uno se enfoca en muchos proyectos diferentes a la misma vez, el riesgo de fracaso es mayor. El mejoramiento del porcentaje de la población que paga sus arbitrios a un 60% empieza mientras el personal todavía está capacitándose porque el proceso al inicio no requiere mucho conocimiento. Al inicio solo se tiene que informar a los deudores sobre el monto de sus deudas y ofrecer una amnistía. Este proceso no es nuevo y el personal ya tiene experiencia realizando este trabajo. La fase más difícil empieza cuando el

personal ya está capacitado y ya se han realizado las campañas intensivas para explicar la necesidad y el uso de los arbitrios.

Se está planificando las actividades repetitivas para tres años. Después se tiene que evaluar el resultado y dependiendo del resultado hay que seguir con el trabajo o tomar nuevas medidas. Los proyectos que se realizan constantemente también terminarían a fines del año 2018 y se podría hacer un análisis de los resultados del programa de gestión en su totalidad.

CONCLUSIONES

A través de trabajo en el campo, revisión de la literatura y entrevistas con las personas encargadas del servicio de la Limpieza Pública de SJM se encontró los problemas principales del manejo de los residuos sólidos categorizados en tres problemáticas: La polución ambiental, un servicio de recojo ineficiente e ineficaz y la falta de una cultura de un manejo de los desechos sostenible y responsable. Con un análisis profundo se identificó las causas de estos problemas y se propuso soluciones concretas. Además, se presentó las interrelaciones entre las diferentes soluciones y se juntó estas para formar un programa de gestión integral. El programa de gestión integral ofrece mejoras para los problemas: Se disminuirá la polución ambiental a través de la separación de los desechos y el reciclaje correspondiente, tanto en un centro de compostaje como en una planta de tratamiento. Además, se mejorará el aspecto económico con cambios en la ruta de recojo y ahorros por el uso de una planta de transferencia y un centro de compostaje propio. Se estima que la eficiencia del servicio de recojo mejorará en 23,60% aplicando las medidas propuestas. Aparte de esto, también se logrará un efecto positivo al servicio de barrido de calles ya que se trabajará con la población. Implementando el plan de acción propuesto, los habitantes de SJM estarán más atentos a un trato sostenible de la basura que incluye que ya no se bote basura en la calle. Según la teoría se las Ventanas Rotas, también se está esperando que disminuye el nivel de la criminalidad leve en el distrito. El presupuesto de las actividades y el cronograma muestran que el programa de gestión es fácil de financiar porque implica únicamente un pago adicional de 6.53 Nuevos Soles y estará terminado dentro de un plazo mediano.

En resumen, se concluye que tanto la hipótesis general como las hipótesis específicas son aceptadas ya que el programa de gestión con sus tres partes del cuidado ambiental, la mejora del servicio de recojo y la generación de un manejo responsable y sostenible de los desechos por parte de la población mejora y en algunos casos soluciona los problemas encontrados.

RECOMENDACIONES

Para que el éxito del programa de gestión sea mayor, se recomienda las acciones siguientes:

- 1) Postulación a programas de apoyo social y económico a nivel nacional e internacional para poder financiar los programas más costosos como la construcción de un centro de compostaje.
- 2) Contratación de un especialista que elabore un programa de cálculo de las mejores rutas para poder bajar más el costo operativo del servicio de recojo. Para minimizar los costos de la programación de dicho programa, se sugiere un convenio con municipalidades de distritos con problemas parecidos como Villa María de Triunfo y estudiantes universitarios.
- 3) Para lograr una mejor calidad de vida y bajar el número de las enfermedades respiratorias, se debe sembrar césped en los lugares abandonados como las bermas de las calles o canchas deportivas donde actualmente hay mucho polvo y suciedad. Esto se facilita por un trabajo conjunto del cuidado de parques y el centro de compostaje.
- 4) Al largo plazo se debe hacer una separación más minuciosa de los desechos domésticos para poder reciclar un mayor porcentaje de los residuos como plásticos y papel.
- 5) Al largo plazo se debe optar por camiones que permiten un control del peso de la basura recogida para poder usar el modelo de pago contaminador-pagador. Actualmente, no se considera posible implementar este modelo de pago ya que se opina que la población todavía no aceptaría este sistema sino botaría los desechos en lugares no previstos. Pero en el futuro, cuando la población ya haya reconocido la importancia del cuidado del ambiente, el concepto contaminador-pagador creará un incentivo a generar menos desechos y cuidar el ambiente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bektas, T. (2005). The multiple traveling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures. *The International Journal of Management Science* 34, 3, 209-219.

Benavides Obando, N. A. (2007). Modelo de gestión integral de rellenos sanitarios manuales, para poblaciones entre 15.000 y 30.000 habitantes en el Ecuador. Tesis para obtener el grado de Magíster en Gestión Ambiental, Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.

Boza, O., E. Lecca, & A. Borrego (2012). El empleo de modelos metaheurísticos en la logística industrial. El caso del enrutamiento de vehículos. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* 15, 1, 70-79.

Caillaux Zazzalli, J. (2008). Ética y derecho ambiental: Hacia una alfabetización jurídico-ecológica. *Themis, Revista de derecho*, 56, 23-33.

Cohen, E. & R. Franco. (1992): *Evolución de proyectos sociales*. México: Ciclo XXI.

Collazos, H. (1997). *Residuos Sólidos*. Bogotá: Universidad Nacional.

Cordeau, J.F., M. Gendreau, G. Laporte, J.Y. Potvin & F. Semet (2002). A guide to vehicle routing heuristics. *The Journal of the Operational Research Society* 53, 5, 512-522.

Cordeau, J.F., G. Laporte, M. Savelsbergh & D. Vigo (2007). Vehicle routing. *Handbook in OR & MS* 14, 367-428.

Costa Rica, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, Plataforma interinstitucional, Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, Ministerio de Ambiente y Energía, Cámara de Industrias de Costa Rica, Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (2012). *Manual de estimación de costos para la gestión municipal de residuos sólidos*. San José: Autores.

Dantzig, G. & J. Ramser (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science* 6, 80-91.

Del Rosario Inga Méndez, D. (2013). El sistema de gestión ambiental local en el distrito de San Borja. Tesis para optar el grado de Magister en Desarrollo Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Dulanto Tello, A. (2013). Asignación de competencias en residuos sólidos de ámbito municipal y sus impactos en el ambiente. Tesis para obtener el grado profesional de abogado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Fisher, M. (1995). Vehicle routing. Handbooks in Operations Research and Management. Science 8, 1-33.

Florero Maldonado, E., K. Lino Helguero, I. Zabala Zambrano. (2015): Matriz de Leopold, Tema No. 4. Extraído el 19. Diciembre, 2015, de <http://es.slideshare.net/LuisCarlosSaavedra2/grupo-4-matriz-de-leopold>.

Gendreau, M., G. Laporte & F. Semet (2002). A guide to vehicle routing heuristics. The Journal of the Operational Research Society 53, 5, 512-522.

Glover, F. (1990). Tabu Search: A tutorial. The practice of mathematical programming. Interfaces 20,4, 74-94.

Glynn, J.H. & G.W. Heinke (1991). Ingeniería ambiental (2ª ed.), Mexico: Pearson educación.

Golden B.L. & A. Assad (1986). Perspectives on vehicle routing: Exciting new developments. Operations Research 34, 5, 803-810.

Golden B.L. & R.T. Wong. (1981). Capacitated arc routing problems. Networks 1981, 1, 305-315.

Harcourt, B.E. (1998). Reflecting on the subject: A critique of the social influence conception of deterrence, the broken windows theory, and order maintenance policing New York style. Michigan Law Review, 97,291-389.

Hofstede, G. (1993). Cultural constraints in management theories. The executive, 7, No. 1, 81-94.

Hofstede, G., The Hofstede centre – Peru. Hofstede's dimensions of culture. Extraído el 10.01.2016, <http://geert-hofstede.com/peru.html>.

Iturregui Byrne, P. (2008). El régimen legal internacional del cambio climático y el protocolo de Kyoto: Balance y perspectivas. *Themis, Revista de derecho*, 56, 127-142.

Kämpf, M. (2006). Probleme der Tourenbildung. *Chemnitzer Informatik-Berichte*.

Kahan, D.M. (1997). Social Influence, social meaning, and deterrence. *Virginia Law Review*, 83, No. 2, 349-395.

Krumke, S., J. Rambau & L. Torres (2002). Real-Time dispatching of guided and unguided automobile service units with soft time Windows. En Möhring, R. & R. Raman (Eds.), *Algorithms – ESA 2002. 10th Annual European Symposium, Rome, Italy, September 2002*: Springer, 637-648.

Laporte, G. & Y. Nohert (1987). Exact algorithms for the vehicle routing problema. *North-Holland Mathematics Studies* 132, 147-184.

Lean solutions. AMEF, Análisis de modo y efecto de la falla. Extraído el 24.01.2016, <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>.

Lopez Rivera, N.C. (2009). Propuesta de programa para manejo de residuos sólidos en la plaza del mercado de Cerete, Cerebastos – Cordoba. Trabajo para optar para el título de Magíster en Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Montgomery, D.C. & W.H. Woodall. (2008). An Overview of Six Sigma. *International Statistical Review*, 76 No. 3, 329-346.

Novo, M. (1996). La educación ambiental formal y no formal: dos sistemas complementarios. *Revista Iberoamericana de educación*, 11, 75-102.

Oddou, G. (2006). Hofstede's dimensions of culture. Estraído el 01. Enero, 2016 del sitio web de la California State University San Marcos: courses.csusm.edu/mgmt461go/Hofstedecorrelations.doc.

Oldenhage, F. (2013). Ziele und Nebenbedingungen der dynamischen Einsatzplanung mobiler Dienstleister. Tesis de Bachelor. Universität Mannheim, Mannheim, Alemania.

Pande, P.S., R.P. Neuman & R.R. Cavanagh. (2003). Las claves de Seis Sigma: la implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. España: McGraw-Hill.

Perú, Fondo nacional del ambiente – Perú y République Francaise. (2008). Plan nacional de opciones tecnológicas para la gestión integral de residuos sólidos. Perú: Autores.

Perú, Ministerio del Ambiente. (2009). Mejoramiento y ampliación de la gestión integral de residuos sólidos municipales del distrito de San Juan de Miraflores. Lima: Autores.

Perú, Servicio de administración tributaria de Lima. (2016). ¿Qué sucede si no cumple con presentar las declaraciones juradas de inscripción o descargo dentro de los plazos?. Extraído el 09. Enero 2016, http://www.sat.gob.pe/websiteV8/Modulos/Contenidos/tri_PredyArbit_info.as as.

Perú, Universidad científica del Sur y Grupo Gea. (2010). Reporte ambiental de Lima y Callao, 2010: Evaluación de avances a 5 años del informe GEO, Lima: Autores.

Perú a, Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados. (2014). Niveles socioeconómicos 2014. Extraído el 06. Enero 2016, de <http://www.apeim.com.pe/wp-content/themes/apeim/docs/nse/APEIM-NSE-2014.pdf>.

Perú a, El consejo de la municipalidad de San Borja. (2007). Ordenanza No. 407-MSB. Lima: Autores.

Perú a, Municipalidad de San Juan de Miraflores. (2015). Ordenanza que regula el procedimiento de pronto pago de los arbitrios de la municipalidad de San Juan de Miraflores, correspondiente al año 2015. El Peruano. Extraído el 09. Enero 2016, de <http://www.elperuano.com.pe/NormasElperuano/2015/02/26/1204619-1.html>.

Perú a, Municipalidad de San Juan de Miraflores, Unión Europea, Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social. (2004). Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos. Lima: Autores.

Perú b, Municipalidad Distrital de San Juan de Miraflores, Gerencia de Gestión Ambiental, Sub-Gerencia de Limpieza Pública. (2015). Plan de manejo de los Residuos Sólidos del Distrito de San Juan de Miraflores – 2015. Lima: Autores.

Perú b, Municipalidad distrital de San Juan de Miraflores. (2007). Ordenanzas que establecen el monto de los arbitrios de limpieza pública, parques y jardines y Serenazgo para el Ejercicio 2008. El Peruano, pp. 361988-362014.

Perú b, Municipalidad distrital de San Juan de Miraflores. (2014). Informe de rendición de cuentas y transferencia de gestión 2011-2014 municipalidad distrital de San Juan de Miraflores. Extraído el 26.10.2015, http://www.munisjm.gob.pe/PDF/InformeProcesoGestion2011_2014_SJM.pdf.

Perú b, Oficina de asesoría y consultoría ambiental, Instituto de promoción del desarrollo sostenible. (2004). Estudio de caracterización física de los residuos sólidos en el distrito de San Juan de Miraflores, PROPOLI. Lima: Autores.

Perú c, Municipalidad distrital de San Juan de Miraflores. (2015). Presupuesto institucional de apertura PIA – 2015, Lima: Autores.

Perú d, SOAT mundial. (2015). Tarifas SOAT 2015. Extraído el 11.11.2015, <http://www.soatmundial.com.co/media/tarifas-soat-2015.pdf>.

Ruiz Torres, A. J., J. Ayala Cruz, N. Alomoto & J.L. Acero-Chavez. (2015). Revisión de la literatura sobre gestión de la calidad: caso de las revistas publicadas en Hispanoamérica y España. Estudios Gerenciales, 31, 319-334.

Toth, P. & D. Vigo. (2002). Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem. Discrete Applied Mathematics 123, 487-512.

Vera Esquivel, G. (2006). El principio precautorio en el derecho peruano. Revista de derecho administrativo. Circulo de derecho administrativo,

asociación civil conformada por estudiantes de derecho de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Villagómez Sandoval, A.C. (2007). Aplicación de Seis Sigma en una Empresa Litográfica. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias con especialidad en Ingeniería Industrial. Unidad profesional interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas, Insituto Politécnico Nacional, México D.F., México.

Wilson, J.Q. & G.L. Kelling. (1982). Broken Windows. *The Atlantic monthly*, 29.

World Commission on Environment and Development. (1987). Our common future. Autores.

Wright, T.P. (1936). Factors Affecting the Cost of Airplanes. *Journal of Aeronautical Sciences*, 3(4), 122–128.

VII. ANEXO

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables independientes	Indicadores Vi	Variables dependientes	Indicadores Vd
¿Cómo se puede mejorar en el distrito de SJM el manejo de los residuos sólidos con respecto al ambiente, el recojo y el comportamiento de la población?	Proponer un programa de gestión de manejo de residuos sólidos residenciales en SJM con el fin de disminuir el impacto ambiental, mejorar el servicio de recojo y sensibilizar la población	Con el programa de gestión diseñado se mejora el manejo de residuos sólidos en SJM				
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				
P1 ¿Es el manejo de los residuos sólidos en SJM inadecuado con respecto al ambiente?	O1 Evaluar los impactos ambientales significativos del manejo de los residuos sólidos y proponer acciones para disminuir el impacto ambiental	H1 La separación de residuos y reciclaje de los desechos disminuyen el impacto ambiental	X1 Separación de residuos X2 Reciclaje de desechos	I1 Sí/No I2 Sí/No	Y1 Impacto ambiental	I1 Kilogramos de desechos que se bota sin tratamiento
P2 ¿Cómo se puede mejorar el servicio insuficiente de recojo de residuos sólidos residenciales en SJM?	O2 Analizar el servicio de recojo, determinar sus factores influyentes y proponer acciones para mejorar el servicio	H2 El diseño de la ruta de recojo, el personal y el factor humano influyen en el servicio de recojo	X1 Diseño de la ruta de recojo X2 El personal X3 Factor humano	I1 Ruta 1 o 2 I2 Grado de influencia 1-3 I3 Grado de influencia 1-3	Y1 Servicio de recojo	I1 Eficiencia negativa
P3 ¿La población de SJM no es suficientemente sensibilizada para el problema del manejo de desechos?	O3 Analizar los problemas presentes con respecto a la conducta de la población y elaborar un plan de acción para sensibilizar la población para el manejo responsable y sostenible de desechos	H3 Siguiendo un plan de acción adecuado, se sensibiliza a la población para que maneje los desechos de una manera responsable y sostenible	X1 Plan de acción	I1 Sí/No	Y1 Manejo responsable y sostenible de desechos	I1 Comportamiento de la población

Tabla 45: Matriz de consistencia. Fuente. Elaboración propia.

Anexo 2: AMEF

S E C	ACTIVIDADES (Pasos)	MODOS POTENCIALES DE FALLA	EFFECTOS DE FALLAS POTENCIALES	SEV	CAUSAS POTENCIALES DE FALLA	OCC	CONTROLES ACTUALES	DET	RNP	ACCIONES RECOMENDADAS
Preparación inicial										
1	El personal marca la entrada	El personal llega tarde	Retraso en los servicios	3	Falta de motivación	8	Marcar tarjeta	1	24	Descantar tiempo de vacaciones
		El personal no llega	No se puede brindar el servicio completo	8	Enfermedad	6	Marcar tarjeta	1	48	Proveer equipos de protección de salud en el trabajo (guantes etc.)
2	Asignar el chofer a un camión y ruta	El chofer no sigue la ruta óptima	Demora en el servicio	5	El chofer no conoce la ruta	7	No hay	6	210	Asignar un chofer + reemplazo fijo a cada ruta
		El chofer choca con el camión	Daños en el camión u otros vehículos	9	El chofer no conoce el camión	5	No hay	2	90	Asignar un camión fijo a cada chofer
3	Entregar la hoja de ruta al chofer	Errores en llenar la hoja de ruta	Demora en el servicio	3	Distracción del personal	5	No hay	2	30	Automatizar la asignación (sistema)
4	Asignar ayudantes al camión	Asignar mal los ayudantes al camión (los ayudantes no trabajan optimal)	Demora en el servicio	5	Los ayudantes no conocen la ruta	6	No hay	6	180	Asignar ayudantes fijos a cada ruta
			No se recoge todos los desechos	5	Los ayudantes no conocen la ruta	7	No hay	3	105	Asignar ayudantes fijos a cada chofer
5	Entregar el camión del turno anterior	El camión no está operativo al 100%	Riesgo para los trabajadores	8	Falta de mantenimiento	4	Registro de movilidades	4	128	Revisar los equipos cada mes
			Dificultades en brindar el servicio (demora, costos elevados)	5	Falta de mantenimiento	5	Registro de movilidades	5	125	Revisar los equipos cada mes
Recojo de desechos										
6	El chofer maneja el camión por las calles	El camión tiene que pasar muy lento por las calles	Demora en el servicio	5	Carros mal estacionados	9	No hay	3	135	Dejar aviso en el carro mal estacionado, si se repite, avisar a la policía
		El camión rastra con la parte inferior por la pista	El camión se malogra	8	Pistas en mal estado	8	No hay	3	192	Avisar a la entidad gubernamental encargada del mantenimiento de las calles
		Demora a entrar en calles	Demora en el servicio	5	Demora en abrir las rejas	7	No hay	2	70	Coordinar la hora con los vigilantes
7	Los ayudantes recogen las bolsas	Se abre/rompe la bolsa	Los desechos se dispersan en el suelo	6	Bolsas mal amarradas	10	No hay	4	240	Charlas con la población explicando los problemas y dificultades del recojo de desechos
				6	Perros que rompen las bolsas buscando comida	10	No hay	4	240	Colgar las bolsas en la pared o canastas
				6	Recicladores que rompen las bolsas	9	No hay	4	216	Conversar con los recicladores para que no rompen las bolsas y las cierran después de revisarlas
		Contacto de piel de los ayudantes con los desechos	Ayudantes enfermos, especialmente enfermedades de piel	8	Los ayudantes no usan EPP	8	No hay	7	448	Hacer el uso de EPP obligatorio e implementar un control
8	Los ayudantes votan las bolsas en el camión	Las bolsas no caen en el camión sino afuera	Los desechos se dispersan en el suelo	6	Falta de experiencia de los ayudantes/chofer	3	No hay	2	36	Brindar buenas condiciones de trabajo para que haya baja rotación del personal
				6	Falta de motivación de los ayudantes/chofer	4	No hay	4	96	Incentivar al personal con bonos al fin del mes por un servicio perfecto

9	Se prensa la basura	Se prensa demasiadas veces	Demora en el servicio	5	Comunicación errónea entre ayudantes y chofer	6	No hay	8	240	Curso de formación adicional, formar equipos estables de ayudantes y choferes
10	Se llena el camión	Se piensa que el camión está lleno aunque queda espacio	El camión viaja demasiado temprano al vertedero y no aprovecha la máxima capacidad	5	No hay instrumentos de control que indiquen la cantidad de basura en el camión	5	No hay	8	200	Comprar camiones nuevos con una herramienta de control de carga
11	Viaje al vertedero	El chofer no toma el camino ideal	Demora en el servicio	5	Alta rotación de personal	7	No hay	9	315	Crear condiciones laborales buenas para que el personal se quede más tiempo en su puesto
				5	No hay una asignación fija de choferes a rutas	7	No hay	9	315	Asignar un chofer + reemplazo fijo a cada ruta
Control										
12	Unidad de control revisa la calidad del servicio brindado y recoge los desechos que encuentra en la calle	Hay demasiados desechos no recojidos	El camión tiene que volver a pasar por la calle	9	Los vecinos sacan los desechos demasiado tarde	6	Unidad de control	5	270	Charlas con la población explicando los problemas y dificultades del recojo de desechos, implementar multas
Votar los desechos										
13	Se pesa el camión al entrar	Se anota mal el peso	Se paga demasiado	4	Cansancio del personal	2	No hay	10	80	El chofer debe controlar el peso en el momento
14	Se vota los desechos	No se puede votar el 100% de los desechos	Demora en el servicio	5	Falta de mantenimiento de los camiones	7	Registro de movilidades	5	175	Revisar los equipos cada mes
15	Se pesa el camión al salir	Se anota mal el peso	Se paga demasiado	4	Cansancio del personal	2	No hay	10	80	El chofer debe controlar el peso en el momento
16	Viaje al depósito	El chofer no toma el camino ideal	Demora en el servicio	5	Alta rotación de personal	7	No hay	9	315	Crear condiciones laborales buenas para que el personal se quede más tiempo en su puesto
				5	No hay una asignación fija de choferes a rutas	7	No hay	9	315	Asignar un chofer + reemplazo fijo a cada ruta
TOTAL ACTIVIDADES : 16									4918	

Tabla 46 AMEF del servicio de recojo. Fuente. Elaboración propia.

Anexo 3: Tabla llenado por los choferes para levantar los datos.

Información del servicio de recojo de basura (ruta X)

	Fecha	Hora de inicio del recorrido	Hora de fin de recorrido	Cantidad de basura recogida	Tráfico (escala de 1-3) 1 = poco tráfico 2 = tráfico intermedio 3 = mucho tráfico	Factor humano 1 = poca influencia 2 = influencia intermedia 3 = mucha influencia
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Ejemplos para el Factor Humano:

- 1) El vigilante demora en abrir la reja
- 2) Vecinos piden llevar basura fuera de lo común y hay que explicar que no se puede
- 3) Carros mal estacionados que impiden el paso
- 4) Vecinos demoran en sacar la basura y piden que se les espere
- 5) Vecinos sacan la basura después de que el camión ha pasado - la basura se queda en la calle
- 6) Calles cerradas por fiestas en la calle

Anexo 4: Datos de Campo

	Hora de inicio del recorrido	Hora de fin de recorrido	Duración del recorrido en horas	Tráfico	Factor humano	Ruta
1	22:00	02:34	5.25	1	1	1
2	21:45	02:50	5.40	2	2	1
3	22:00	03:00	5.00	1	3	1
4	21:40	02:55	4.48	2	1	1
5	22:05	03:45	5.05	3	2	1
6	22:00	03:20	5.20	3	3	1
7	22:00	03:10	5.10	1	3	1
8	21:55	02:45	4.38	1	2	2
9	21:50	02:58	4.96	3	1	2
10	21:51	02:45	4.42	2	2	2
11	21:58	01:49	4.07	1	1	2
12	22:00	02:46	4.34	2	1	2
13	22:00	04:25	3.39	2	3	2
14	22:10	02:30	4.08	1	2	2

Tabla 48: Datos de campo. Fuente. Elaboración propia.

Anexo 5: Pesaje de los camiones de basura en enero 2015

DIA	TURNO	PESO NETO			
		SGLP	APOYO	TOTAL	P.N.DIA
JUEVES 01/01/15	PRIMER	103,370	237,490	340,860	460,320
	SEGUNDO	57,720	0	57,720	
	TERCER	61,740	0	61,740	
VIERNES 02/01/15	PRIMER	212,960	238,060	451,020	678,330
	SEGUNDO	111,480	20,930	132,410	
	TERCER	77,950	16,950	94,900	
SABADO 03/01/15	PRIMER	138,000	157,250	295,250	496,800
	SEGUNDO	122,670	27,840	150,510	
	TERCER	51,040	0	51,040	
DOMINGO 04/01/15	PRIMER	119,230	43,800	163,030	230,810
	SEGUNDO	38,660	0	38,660	
	TERCER	29,120	0	29,120	
LUNES 05/01/15	PRIMER	128,490	116,580	245,070	501,330
	SEGUNDO	98,800	51,530	150,330	
	TERCER	73,130	32,800	105,930	
MARTES 06/01/15	PRIMER	138,560	57,910	196,470	368,100
	SEGUNDO	63,190	17,610	80,800	
	TERCER	77,500	13,330	90,830	
MIERCOLES 07/01/15	PRIMER	123,980	105,570	229,550	390,560
	SEGUNDO	61,520	38,700	100,220	
	TERCER	47,940	12,850	60,790	
JUEVES 08/01/15	PRIMER	109,620	71,070	180,690	396,410
	SEGUNDO	106,520	51,710	158,230	
	TERCER	45,600	11,890	57,490	
VIERNES 09/01/15	PRIMER	115,740	105,900	221,640	411,760
	SEGUNDO	73,170	31,840	105,010	
	TERCER	71,570	13,540	85,110	
SABADO 10/01/15	PRIMER	132,630	62,920	195,550	356,120
	SEGUNDO	80,040	16,870	96,910	
	TERCER	53,310	10,350	63,660	
DOMINGO 11/01/15	PRIMER	100,610	35,310	135,920	206,280
	SEGUNDO	31,070	0	31,070	
	TERCER	29,570	9,720	39,290	
LUNES 12/01/15	PRIMER	141,510	62,930	204,440	418,590
	SEGUNDO	100,710	28,600	129,310	
	TERCER	56,540	28,300	84,840	
MARTES 13/01/15	PRIMER	130,920	65,060	195,980	418,680
	SEGUNDO	109,420	16,200	125,620	
	TERCER	57,530	39,550	97,080	

MIERCOLES 14/01/15	PRIMER	128,900	71,870	200,770	385,780
	SEGUNDO	85,020	26,690	111,710	
	TERCER	54,260	19,040	73,300	
JUEVES 15/01/15	PRIMER	110,470	77,760	188,230	374,750
	SEGUNDO	85,640	22,050	107,690	
	TERCER	53,020	25,810	78,830	
VIERNES 16/01/15	PRIMER	78,680	59,970	138,650	334,390
	SEGUNDO	81,220	19,460	100,680	
	TERCER	70,550	24,510	95,060	
SABADO 17/01/15	PRIMER	107,230	49,890	157,120	335,830
	SEGUNDO	67,900	30,750	98,650	
	TERCER	57,200	22,860	80,060	
DOMINGO 18/01/15	PRIMER	74,350	53,710	128,060	169,480
	SEGUNDO	22,290	0	22,290	
	TERCER	16,760	2,370	19,130	
LUNES 19/01/15	PRIMER	145,480	64,050	209,530	473,140
	SEGUNDO	116,680	22,120	138,800	
	TERCER	55,900	68,910	124,810	
MARTES 20/01/15	PRIMER	113,560	61,030	174,590	372,840
	SEGUNDO	73,030	37,110	110,140	
	TERCER	42,430	45,680	88,110	
MIERCOLES 21/01/15	PRIMER	108,272	94,630	202,902	390,322
	SEGUNDO	88,850	5,670	94,520	
	TERCER	23,900	69,000	92,900	
JUEVES 22/01/15	PRIMER	107,210	97,970	205,180	366,420
	SEGUNDO	65,750	4,650	70,400	
	TERCER	39,410	51,430	90,840	
VIERNES 23/01/15	PRIMER	96,270	81,740	178,010	353,670
	SEGUNDO	74,480	0	74,480	
	TERCER	36,230	64,950	101,180	
SABADO 24/01/15	PRIMER	101,910	82,170	184,080	259,500
	SEGUNDO	39,150	0	39,150	
	TERCER	30,840	5,430	36,270	
DOMINGO 25/01/15	PRIMER	94,430	36,640	131,070	206,490
	SEGUNDO	39,150	0	39,150	
	TERCER	0	36,270	36,270	
LUNES 26/01/15	PRIMER	136,790	58,490	195,280	401,380
	SEGUNDO	79,200	4,520	83,720	
	TERCER	50,520	71,860	122,380	
MARTES 27/01/15	PRIMER	142,860	71,600	214,460	420,810
	SEGUNDO	109,870	11,950	121,820	
	TERCER	84,530	0	84,530	
	PRIMER	116,770	70,180	186,950	376,830

MIERCOLES 28/01/15	SEGUNDO	83,620	0	83,620	
	TERCER	48,270	57,990	106,260	
JUEVES 29/01/15	PRIMER	111,670	67,690	179,360	331,090
	SEGUNDO	79,520	4,430	83,950	
	TERCER	67,780	0	67,780	
VIERNES 30/01/15	PRIMER	118,640	71,210	189,850	355,970
	SEGUNDO	68,960	6,840	75,800	
	TERCER	39,680	50,640	90,320	
SABADO 31/01/15	PRIMER	105,870	75,730	181,600	340,120
	SEGUNDO	86,180	2,850	89,030	
	TERCER	18,570	50,920	69,490	
TOTAL					11,582,902

Tabla 49: Pesaje de los camiones de basura en enero 2015. Fuente. Municipalidad de SJM.

Anexo 6: Resumen de las dimensiones culturales de Hofstede

País	Distancia de poder	Individualismo	Masculinidad y feminidad	Evitación de incertidumbre	Orientación al largo plazo
Arabic World (ARA)	80	38	52	68	
Argentina (ARG)	49	46	56	86	
Australia (AUL)	36	90	61	51	31
Austria (AUT)	11	55	79	70	
Belgium (BEL)	65	75	54	94	
Brazil (BRA)	69	38	49	76	65
Canada (CAN)	39	80	52	48	23
Chile (CHL)	63	23	28	86	
Columbia (COL)	67	13	64	80	
Costa Rica (COS)	35	15	21	86	
Denmark (DEN)	18	74	16	23	
Eastern Africa (EAF)	64	27	41	52	25
Ecuador (ECA)	78	8	63	67	
Elsalvador (SAL)	66	19	40	94	
Finland (FIN)	33	63	26	59	
France (FRA)	68	71	43	86	
Germany (FRG)	35	67	66	65	31
Great Britain (GBR)	35	89	66	35	25
Greece (GRE)	60	35	57	112	
Guatemala (GUA)	95	6	37	101	
Hong Kong (HOK)	68	25	57	29	96

India (IND)	77	48	56	40	61
Indonesia (IDO)	78	14	46	48	
Iran (IRA)	58	41	43	59	
Ireland (IRE)	28	70	68	35	
Israel (ISR)	13	54	47	81	
Italy (ITA)	50	76	70	75	
Jamaica (JAM)	45	39	68	13	
Japan (JPN)	54	46	95	92	80
South Korea (KOR)	60	18	39	85	75
Malaysia (MAL)	104	26	50	36	
Mexico (MEX)	81	30	69	82	
Netherlands (NET)	38	80	14	53	44
New Zealand (NZI)	22	79	58	49	30
Norway (NOR)	31	69	8	50	
Pakistan (PAK)	55	14	50	70	0
Panama (PAN)	95	11	44	86	
Peru (PER)	64	16	42	87	
Philippines (PHI)	94	32	64	44	19
Portugal (POR)	63	27	31	104	
Russia (RUS)	90	42	37	70	
Singapore (SIN)	74	20	48	8	48
South Africa (SAF)	49	65	63	49	
Spain (SPA)	57	51	42	86	
Sweden (SWE)	31	71	5	29	33
Switzerland (SWI)	34	68	70	58	
Taiwan (TAI)	58	17	45	69	87
Thailand (THA)	64	20	34	64	56
Turkey (TUR)	66	37	45	85	
United States (USA)	40	91	62	46	29
Uruguay (URU)	61	36	38	100	
Venezuela (VEN)	81	12	73	76	
West Africa (WAF)	77	20	46	54	16

Tabla 50: Resumen de las dimensiones culturales de Hofstede. Fuente. Hofstede, The Hofstede Center.