



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPACTO ECONÓMICO DE LA MEJORA DE LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA, EN EL RUBRO DE COSTOS DE LIMPIEZA PÚBLICA DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJABAMBA.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Industrial

Autora:

Br. Sarita Margareth Tirado Meléndez

Asesor:

Mg. Ing. Denis Javier Aranguri Cayetano

Cajamarca – Perú

2016

COPYRIGHT ©2016 by
Sarita Margareth Tirado Meléndez
Todos los derechos reservados

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Sarita Margareth Tirado Meléndez**, denominada:

“IMPACTO ECONOMICO DE LA MEJORA DE LAS RUTAS DE RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA, EN EL RUBRO DE COSTOS DE LIMPIEZA PUBLICA DE LA MUNICIPALIDAD”

Mg. Ing. Denis Javier Aranguri Cayetano
ASESOR

Ing. Christian Martín Quezada Machado
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León
JURADO

Ing. Oscar Zocón Alva
JURADO

DEDICATORIA

Con mucho amor y gratitud dedico el presente trabajo a:

A mi querida hija Miryam Angélica, para quien ningún sacrificio es suficiente, quien es el motor que me impulsa para seguir adelante y que con su Luz ha iluminado mi vida haciendo el camino mucho más claro.

A mi amado esposo, quien ha sido no solo el impulso y apoyo constante y abnegado, durante toda mi carrera, sino también el pilar fundamental para la culminación de la misma, que con su amor incondicional, ha sido mi compañero inseparable, fuente de sabiduría y consejo en todo momento.

A mis abuelitos, a mis padres y hermanas, amigos y compañeros de trabajo quienes siempre me dieron el aliento necesario para continuar y ver cristalizada mí meta profesional.

Y a Dios todo Poderoso, Forjador de mi camino y a la Virgencita del Rosario, quienes me acompañan y siempre me levantan en cada tropiezo.

AGRADECIMIENTO

En estas líneas me gustaría expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda y apoyo incondicional han colaborado en la realización del presente trabajo, especialmente a los profesionales y asesores de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca.

Especial reconocimiento merece el interés mostrado por mi trabajo y las sugerencias recibidas por parte del Ingeniero Tomás Polo Gamarra – Gerente de Servicios Comunes y Sociales de la Municipalidad Provincial de Cajabamba, quien me brindó su colaboración en el suministro de los datos necesarios para hacer realidad la presente tesis.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibido por parte de mi adorada Hija Miryam Angélica, de mi esposo y de mi familia, amigos y compañeros de trabajo.

A todos ellos muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. LIMITACIONES.....	21
1.5. OBJETIVOS	21
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	23
2.1. ANTECEDENTES	23
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	23
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
2.2. BASES TEÓRICAS	26
2.2.1. IMPACTO ECONOMICO	26
2.2.2. RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS	26
2.2.3. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA DISEÑAR RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	30
2.2.4. APLICACIÓN AL MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	31
2.2.5. ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS.-	33
2.2.6. MEJORA Y OPTIMIZACIÓN.-.....	33
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	34
2.3.1. IMPACTO ECONÓMICO.-.....	34
2.3.2. MEJORA Y OPTIMIZACION.-.....	34
2.3.3. RUTAS.....	35
2.3.4. RECOLECCION.....	35

2.3.5.	RESIDUOS SOLIDOS	35
2.3.6.	COSTOS.....	35
2.3.7.	SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA	36
2.4.	BASE LEGAL	36
2.5.	HIPÓTESIS	40
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....		42
3.1.	Operacionalización de Variables.....	42
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y METODOS.....		44
4.1.	TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	44
4.2.	MATERIAL DE ESTUDIO.	45
4.2.1.	Unidad de estudio.	45
4.2.2.	Población y Muestra	45
4.3.	TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.....	46
4.3.1.	Para recolectar datos.....	46
4.3.2.	Para analizar información.	46
CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....		49
5.1.	GENERALIDADES.....	49
5.1.1.	Información del Área de Estudio.....	54
5.2.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	55
5.2.1.	Programación de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos:	55
CAPÍTULO 6. DESARROLLO.....		59
6.1.	OPERACIONES.....	59
6.2.	RECURSOS HUMANOS.....	68
6.3.	MAESTRANZA.....	71
6.4.	RUTAS.....	71
6.5.	DISEÑO DE PROPUESTA	75
6.6.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	75
6.6.1.	Sectorización de Rutas.....	75
6.6.2.	Modelo de Optimización de Rutas	76
6.6.3.	Modelo de Mejora de Rutas.	102
CAPÍTULO 7. RESULTADOS		105
CAPÍTULO 8. DISCUSIÓN		107
CONCLUSIONES		108
RECOMENDACIONES		109
REFERENCIAS.....		110
ANEXOS		111

ÍNDICE DE TABLAS

- TABLA N° 1.** Costo del Servicio de Limpieza Pública (Pág. 16).
- TABLA N° 2.** Servicio Brindado y Predios Registrados en Sist. Informático de la Munic. Provincial de Cajabamba (Pág. 16).
- TABLA N° 3.** Costo del Servicio de Recolección de Residuos Sólidos – Año 2015 (Pág. 17).
- TABLA N° 4.** Operacionalización de variables (Pág. 42).
- TABLA N° 5.** Densidad de Habitantes por vivienda (Pág. 45).
- TABLA N° 6.** Costo de Recolección y Transporte de Residuos Sólidos – Año 2015 (Pág. 47).
- TABLA N° 7.** Horario Actual de Recolección de Residuos Sólidos (domiciliarios y Barrido de calles) (Pág. 56).
- TABLA N° 8.** Horario De Cobertura De Barrido (Pág. 61).
- TABLA N° 9.** Volumen en m³ de los Vehículos Compactadores (Pág. 62).
- TABLA N° 10.** Producción Promedio Año 2015 de Residuos Sólidos en m³ según día de semana (Pág. 63).
- TABLA N° 11.** Producción Promedio Año 2015 de Residuos Sólidos en m³, según lugar de generación por semana y diario (Pág. 64).
- TABLA N° 12.** Porcentaje de Componentes de Residuos Sólidos Domiciliarios de la Ciudad de Cajabamba (Pág. 65).
- TABLA N° 13.** Relación de principales Sectores – Cada Sector Cuenta con una persona a cargo. (Pág. 68).
- TABLA N° 14.** Cobertura de Servicio de Limpieza Pública – Cuadras y No. de predios atendidos. (Pág. 69).
- TABLA N° 15.** Nodos del Nuevo Recorrido tomado del modelo de solución (Pág. 79).
- TABLA N° 16.** Nodos del Recorrido Ruta 1 Antigua (Pág. 85).
- TABLA N° 17.** Consolidado de Km, Combustible y Valor en S/ de la Ruta 1 Antigua (Pág. 88).
- TABLA N° 18.** Nodos de Recorrido Ruta 1 – Propuesta (Pág. 89).
- TABLA N° 19.** Consolidado de Km, Combustible y Valor en S/ de la Ruta 1 Propuesta. (Pág. 90).
- TABLA N° 20.** Nodos de Recorrido Ruta 2 – Antigua (Pág. 92).
- TABLA N° 21.** Consolidado de Km, Combustible y Valor en S/ de la Ruta 2 Antigua. (Pág. 94).

TABLA N° 22. Nodos de Recorrido Ruta 2 – Propuesta (Pág. 97).

TABLA N° 23. Consolidado de Km, Combustible y Valor en S/ de la Ruta 2 Propuesta. (Pág. 99).

TABLA N° 24. Cuadro Comparativo de las Rutas Antiguas y Nuevas (Pág. 99).

TABLA N° 25. Ahorro de la Propuesta de Rutas en KM, Combustible y Valor en S/ (Pág. 105).

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA N° 1.** Trabajadores Turno día de Limpieza Pública – Campaña de Concientización (Pág. 17).
- FIGURA N° 2.** Recojo de Residuos Sólidos en Campaña de Concientización (Pág. 19).
- FIGURA N° 3.** Proceso Básico en un Sistema de Recolección de Residuos Sólidos (Pág. 27).
- FIGURA N° 4.** Recolección en Camión Compactador (Pág. 27).
- FIGURA N° 5.** Transporte en el Camión Compactador (Pág. 28).
- FIGURA N° 6.** Reciclaje (Pág. 28).
- FIGURA N° 7.** Disposición final (Pág. 28).
- FIGURA N° 8.** Análisis de Contrastación (Pág. 44).
- FIGURA N° 9.** Organigrama Municipalidad Provincial de Cajabamba (Pág. 53).
- FIGURA N° 10.** Organigrama del Área en Estudio (Pág. 54).
- FIGURA N° 11.** Croquis de las calles de Recojo de Residuos Sólidos (Pág. 57)
- FIGURA N° 12.** Personal de Barrido de calles (Pág.59).
- FIGURA N° 13.** Personal de Barrido de calles (Pág.60).
- FIGURA N° 14.** Personal Recibe Uniforme Periódicamente (Pág. 60).
- FIGURA N° 15.** Producción de Residuos Sólidos por mes – Año 2015 (Pág. 63).
- FIGURA N° 16 Y 17.** Segregación de Residuos Sólidos en Disposición Final (Pág. 64 - 65).
- FIGURA N° 18.** Porcentaje de componentes de Residuos Sólidos que genera la Ciudad de Cajabamba (Pág. 66).
- FIGURA N° 19.** Relleno Sanitario – Ubicación Geográfica (Pág. 67).
- FIGURA N° 20.** Volante de Concientización al Usuario (Pág. 73).
- FIGURA N° 21.** Croquis de Calles – Ciudad de Cajabamba (Pág. 74).
- FIGURA N° 22.** Ejecución del Programa Lingo (Pág. 83).
- FIGURA N° 23.** Ruta 1 – Antigua (Pág. 84).
- FIGURA N° 24.** Ruta 1 – Propuesta (Pág. 88).
- FIGURA N° 25.** Ruta 2 – Antigua (Pág. 91).

- FIGURA N° 26.** Ruta 2 – Propuesta (Pág. 95).
- FIGURA N° 27.** Distribución de nodo a nodo Nueva Ruta 1 (Pág. 100)
- FIGURA N° 28.** Distribución de nodo a nodo Nueva Ruta 2 (Pág. 101)

RESUMEN

El desarrollo de la presente tesis tiene como objetivo la mejora de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos de la Ciudad de Cajabamba, con la finalidad de reducir los costos en el rubro de Limpieza Pública de la Municipalidad Provincial de Cajabamba, quien es la responsable de brindar este servicio.

El presente proyecto se encuentra orientado al ahorro de los costos que éste servicio origina enfocado desde el punto de vista de la optimización o mejora, aplicando estrategias de **Costo/Efectividad**.

Dicha investigación ha sido desarrollada tomando como datos de referencia las rutas de recolección de residuos sólidos actuales, y los datos estadísticos con la que cuenta la Gerencia de Servicios Comunes y Sociales de la Municipalidad Provincial de Cajabamba. Para ello se constató en campo dichas rutas, identificando puntos críticos de funcionabilidad, recopilando información para luego ser procesados y evaluados y de esta manera plasmar oportunidades de mejoras en las nuevas rutas de recolección de residuos sólidos, tal es así que dicha mejora reduzca el costo del servicio de recolección de Residuos Sólidos, beneficie la calidad del servicio y refleje la satisfacción del usuario.

ABSTRACT

This thesis is developed with the objective of improving of route design for solid waste collection in the city of Cajabamba, and aims to reduce costs in the category of Public Maintenance in the Provincial Government of Cajabamba, which is responsible for providing this service. The proposed project is intended as a means to save on the costs of this service from the point of view of optimization or improvement and applying Cost/Effect strategies.

The aforementioned investigation has been undertaken using the current collection routes for solid waste collection as reference data, the Office of Community Services for the Provincial Government of Cajabamba provided the statistical data. For the study certain routes were selected, critical points of functionality were identified, information was gathered to be processed and , and through this data collection opportunities for improvement were discovered in the new solid waste collection routes. This improvement will produce a higher quality service, boost customer satisfaction, and reduce the cost of the solid waste collection service.

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Gestión integral de los residuos sólidos urbanos representa uno de los grandes desafíos de los gobiernos locales, su dificultad se origina por principalmente; factores sociales y culturales, sumado el crecimiento poblacional y sus diferentes hábitos, el crecimiento económico y la migración de familias de la zona rural a las zonas periféricas de la ciudad, los mismos que no cuentan con una cultura de sanidad e higiene urbana, lo que a la larga generan la formación de botaderos de residuos y puntos críticos de contaminación y deslucen el ornato de la ciudad, generando el malestar de los vecinos.

La recolección de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Cajabamba, se encuentra a cargo de la Gerencia de Servicios Comunales y Sociales de la Municipalidad Provincial de Cajabamba, la misma que es realizada mediante 2 vehículos convencionales (compactadoras de residuos sólidos), estos vehículos recorren la ciudad desde las 4.30 p.m. Hasta las 10:00 pm. (Turno noche), éste horario establecido del servicio de Recolección de Residuos Domiciliarios y de 02:30 a.m. a 06:30 a.m. (Turno madrugada) y de 11:00 a.m. a 12:30 m (Turno Día), Horario del Servicio de Recolección de Residuos Sólidos – Barrido de la Ciudad.

Cada Compactadora tiene establecida su ruta de recolección, iniciando por la parte más alejadas del centro de la ciudad.

El recorrido ha sido diseñada de tal forma que puedan cubrir a todas las cuadras de la ciudad, pero existen cuadras que no son beneficiadas por este recorrido y existen algunas en las que tienen que pasar hasta dos veces, originando un mayor tiempo de desplazamiento, mayor gasto de combustible y por ende elevando costo de horas - hombre.

En la zona baja de la ciudad, el vehículo realiza el recojo de residuos sólidos a partir de la 8:45 p.m. Esto debido a que no existe tiempos determinados y velocidad del vehículo en su desplazamiento dentro de la ciudad al momento de ejecutar la recolección de residuos sólidos municipales.

Este horario de recojo no bien determinado, origina mayor tiempo de trabajo de máquina, por ende mayor consumo de combustible y mayor desgaste de la misma, además mayor costo de mano de obra y una menor eficacia y eficiencia en el servicio, generando en el público usuario incomodidad y descontento.

TABLA N° 1. Costo del Servicio de Limpieza Pública

Costo del Servicio	
Barrido	269 305
Recolección	188 061
Total	457 367

Fuente: Informe Técnico Ordenanza Municipal No. 020-2015-MPC

La Tabla N° 1, nos indica los costos generados en el servicio de barrido de vías de los predios a los que se atiende con este servicio, así como su frecuencia, además que se muestra el costo generado por el recojo domiciliario y su transporte de los residuos domiciliarios, en este costo también se encuentra considerado la frecuencia de atención del servicio.

TABLA N° 2. Servicio Brindado y Predios Registrados en Sistema Informático de la Municipalidad Provincial de Cajabamba

Servicio	No. De Predios
Barrido	1648
Recolección	1648

Fuente: Informe Técnico Ordenanza Municipal No. 020-2015-MPC

En la Tabla N° 2, encontramos el número de predios con el que se cuenta con el servicio tanto de barrido como de recolección, ésta información es considerada en base a todos los predios registrados en la base de datos del Sistema Informático de la Gerencia de Administración Tributaria.

FIGURA N° 1. Trabajadores Turno día de Limpieza Pública – Campaña de Concientización



Fuente: Imagen Institucional

TABLA N° 3. Costo del Servicio de Recolección de Residuos Sólidos Año – 2015

CONCEPTO	UNID. MED.	TOTAL
I. Costos Directos		170 490
a) Mano de Obra Directa y Obligaciones		37 623
Obreros Permanentes	Mes/Hombre	13 860
Obrero (Condición Servicios SNP)	Mes/Hombre	20 400
b) Vestuario		782
Botas de Jebe	Pares	100
Guantes de Cuero	Pares	270
Respiradores	Unid	40
Uniformes	Unid	372
c) Combustible y Lubricantes		47 868
Aceite	Unidad	385
Diesel	Galón	7 623

CONCEPTO	UNID. MED.	TOTAL
Filtros	Unidad	234
Gasolina 84 Octanos	Galón	162
Petróleo	Galón	39 463
d) Mantenimiento		15 594
Mantenimiento Volquete /Compactador	Global	5 472
Repuestos Volquete/Compactador	Global	8 622
Baterías	Unidad	1 500
e) Depreciación		
Mobiliario	Global	29
Equipo de Cómputo	Global	42
Compactadora	Global	61 180
f) Bienes de Consumo		
Detergente Industrial	Bolsa	425
Escobas	Unid	72
Productos Químicos	Global	900
Material de Oficina	Global	500
g) Equipamiento y Bienes Duraderos		
Llantas de Vehiculos	Global	4800
Llantas de carretillas	Global	300
Palanas	Unid	125
Picos	Unid	125
Rastrillos	Unid	125
II. Costos Indirectos		17 572
a) Mano de Obra Indirecta y Obligaciones		
Personal Administrativo Estable		14 605

CONCEPTO	UNID. MED.	TOTAL
Obreros (Condición Servicios SNP)		472
b) Servicios Generales		
Luz, Teléfono, Internet		2 495
COSTO TOTAL		188 061

Fuente: Informe Técnico Ordenanza Municipal No. 020-2015-MPC

En la Tabla N° 3, se muestra los gastos desglosados según partida específica contemplada por cada rubro, en la que podemos observar que el costo que genera el rubro de Limpieza Pública es de 188 061. Información obtenida del Informe Técnico que origina la Ordenanza Municipal No. 020-2015-MPC.

FIGURA N° 2. Recojo de Residuos Sólidos en Campaña de Concientización



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera la mejora de las rutas de recolección de Residuos Sólidos tendrá un Impacto económico en el rubro de gastos de Limpieza Pública de la Municipalidad Provincial de Cajabamba?

1.3. JUSTIFICACIÓN

- **Justificación Teórica**

Con el desarrollo de la presente tesis se busca reducir los costos de Limpieza Pública de la Municipalidad Provincial de Cajabamba y el impacto económico que se obtendría con la mejora de las rutas de recolección de Residuos Sólidos, sin duplicar el recorrido y sistematizando dicho recorrido de tal manera que los vehículos recolectores hagan su trabajo en el menor tiempo posible, llegando a brindar dicho servicio a más usuarios.

- **Justificación Aplicativa o práctica**

Con la mejora de las rutas de recolección de Residuos Sólidos se pretende, reducir los costos de Limpieza Pública de la Municipalidad Provincial de Cajabamba, lo que a su vez aportará eficiencia y eficacia en el servicio.

- **Justificación Valorativa**

Con la presente tesis se espera conocer el impacto económico de la mejora de las rutas de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Cajabamba en el rubro de Limpieza Pública de la Municipalidad Provincial de Cajabamba, lo que servirá de aporte como referencia para estudiantes, profesionales, empleados públicos, empresas de transporte y público en general que tiene interés en estos temas.

- **Justificación Académica**

El presente estudio guardará información de importancia para estudiantes y profesionales de ingeniería industrial o carreras afines que requieran conocer sobre la mejora y optimización de rutas para la reducción de costos y gastos que requiere brindar un servicio de transporte.

1.4. LIMITACIONES

- No se cuenta con la información precisa de los costos reales del servicio de recolección de residuos sólidos municipales, esto debido a que en el rubro de limpieza pública se encuentra también incluido otros gastos operativos y administrativos.
- No se cuenta con datos estadísticos de los recorridos que realizan las dos compactadoras.
- Las rutas actuales han sido elaboradas de manera empírica y de acuerdo a la experiencia de los conductores, por lo que los datos actuales se deben tomar en situ y por cada compactadora siguiendo la ruta existente.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Mejorar las rutas de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Cajabamba, con la finalidad reducir los costos en el rubro de gastos de Limpieza Pública de la Municipalidad Provincial de Cajabamba.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular los costos de combustible del recorrido completo de cada una de las Compactadoras.
- Definir una adecuada programación de recojo disminuyendo el tiempo de recorrido.
- Estimar la disminución del Gasto de mano de obra, al aplicar el modelo de mejora.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- ✓ La Tesis de Licenciatura denominada “*Optimización de Recolección de Residuos en la zona sur de la Ciudad de Buenos Aires*”, elaborado por *Federico Larumbe (2009)*, presenta una aplicación de optimización combinatoria para optimizar el ruteo de vehículos en la Ciudad de Buenos Aires, la misma que cuenta con distintos puntos por los que el vehículo debe pasar exactamente una vez, este programa desarrollado devuelve un orden de los puntos para que la distancia sea mínima, conocido como el Problema del Viajante de Comercio (TSP).

El Ente de Higiene Urbana (EHU) encargada actualmente de la recolección de contenedores de residuos de la zona sur de la ciudad de Buenos Aires, cuenta con 04 unidades o camiones de recolección y cada uno tiene una sub-zona, el objetivo de la tesis es encontrar la ruta óptima para cada camión que le permita recolectar todos los contenedores de su subzona y volver al EHU.

Este trabajo maneja diversas aplicaciones de programas o software que le permiten obtener como resultado, reducir hasta en un 39% la distancia de los itinerarios y el trabajo (que lo calcula en cada tramo como el producto de la distancia recorrida por el peso transportado), y mediante el cual logre reducir hasta un 43%.

- ✓ En el “*Proyecto Integral de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en Nogales del estado Mexicano de Sonora*”, elaborado por *La Comisión Sonora – Arizona (2011)*, tiene como finalidad proporcionar al Municipio de Nogales, las herramientas necesarias para el adecuado manejo de los Residuos Sólidos generados por los habitantes, los cuales deben cumplir con el control ambiental necesario, este proyecto considera; en una de sus fases el Rediseño de las rutas de Recolección, incluyendo no sólo la adquisición de compactadoras de acuerdo a la necesidad encontrada según la investigación, sino también considera necesario la participación de la ciudadanía con diferentes talleres y sensibilización, la ejecución de dicho

proyecto redujo la inversión que realiza la Municipalidad de Nogales para el mejoramiento del servicio de recojo de residuos sólidos.

Este proyecto ejecutado en la Municipalidad de Nogales nos brinda las herramientas básicas para la Gestión Integral de Manejo de Residuos Sólidos, tomando en cuenta puntos claves para la reducción de los costos que dicha actividad genera, tomando en cuenta inclusive la inversión realizada para el mejoramiento del servicio.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- ✓ En la Tesis denominada “*Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos*” elaborado por Taquía (2013), plasma como objetivo fundamental la implementación del método más adecuado de optimización de rutas de recolección de Residuos Sólidos, dirigido a mejorar su rentabilidad.

En este trabajo se analiza los métodos de optimización de rutas mediante teoremas y aplicaciones prácticas. Dentro de sus propuestas de solución se encuentra que; con el **microruteo** se puede determinar el número de vehículos necesarios y con el **macroruteo** se ajusta el Método de Agente viajero (TSO), asimismo se menciona que con la sectorización se define el número de rutas necesarias y los recursos necesarios para ejecutarlas y maximizando la capacidad de flota disponible se logra reducir en 2 el número de vehículos para dichos recorridos.

En el modelo de optimización propone una solución adecuada, adaptándolo empíricamente a la práctica, lo cual logra reducir el tiempo total de viajes en 20%.

Esta tesis obtiene en su evaluación económica un VPN de más de 2 millones de soles y una TIR de 75.1%. También se genera un análisis de sensibilidad, para conocer las variables más propensas a variaciones, en el cual se obtiene que el *riesgo de penalización* es el que más afecta al proyecto en cuanto a la generación de una rentabilidad considerable. Esta tesis no sólo nos muestra los diferentes aspectos de estudio para la factibilidad de la optimización si no también nos presenta un escenario modelo para la disminución de costos en el rubro de gastos, lo cual es nuestro objetivo primordial en la elaboración de la presente tesis.

- ✓ En el Proyecto *“Diseño de Planeamiento de Recolección de Residuos Sólidos e Implementación de un Diseño de Sistema para Determinar los Recursos Del Municipio en San Juan de Lurigancho”*, elaborado por *Churata, Magaly y Gómez, Carlos (2012)*, exponen como problema fundamental el inadecuado manejo de residuos sólidos, los mismos que son generados por la falta de educación sanitaria, el Incremento de la población, el incremento del comercio ambulatorio, y mencionan de la misma forma como problema, que en este Distrito existen personas que se dedican a la recolección de Residuos Sólidos, quienes al buscar en las bolsas de basura, rompen las bolsas, tiran la basura en las calles y eso perjudica y contamina al distrito.

Como alternativa de solución que se presentan en este documento; es diseñar un sistema de asignación de recursos para hacerle frente al recojo de basura.

Entre los recursos que asigna y presenta esta solución tenemos: número de camiones recolectores, número de contenedores, número de recicladores y los lugares más óptimos a ubicar.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. IMPACTO ECONOMICO

PricewaterhouseCoopers S.L (2012)

¿Para qué sirve un estudio de impacto económico? Los estudios de impacto económico sirven para medir la repercusión y los beneficios de inversiones en infraestructuras, organización de eventos, así como de cualquier otra actividad susceptible de generar un impacto socioeconómico, incluyendo cambios legislativos y regulatorios.

En un contexto de crisis y recursos económicos limitados, resulta cada vez más importante para las Administraciones Públicas considerar los retornos de sus inversiones y centrarse en aquellos proyectos o actividades que generan un mayor beneficio para la sociedad.

Es también de vital importancia entender la repercusión de sus actuaciones sobre la economía y el empleo.

Los estudios de impacto económico ayudan a las Administraciones Públicas en la toma de decisiones sobre proyectos de inversión y medidas de política pública:

- Proporcionan información cuantitativa y cualitativa sobre los impactos en producción, empleo, recaudación impositiva o medioambiente.
- Permiten justificar las decisiones de inversión frente a la sociedad y ante otras Administraciones Públicas, así como comunicar con transparencia a través de los medios de comunicación.
- Permiten atraer el interés de patrocinadores y otras fuentes de financiación de proyectos.

2.2.2. RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS

La Ley General de Residuos Sólidos (Ley 27314) y el Decreto Legislativo 1065 que la modifica; precisan las responsabilidades de las Autoridades Descentralizadas, tanto a nivel provincial como distrital.

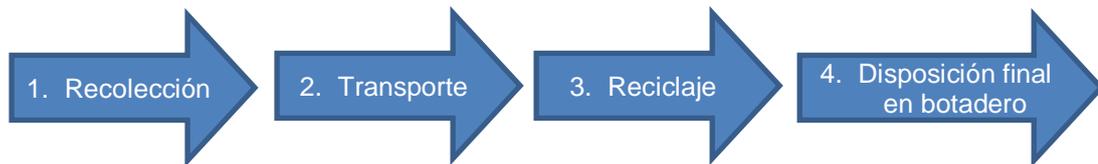
El ámbito de competencia de ambas comprende los residuos sólidos municipales de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos, en todo el ámbito de su jurisdicción. La municipalidad

provincial tiene a su cargo la gestión integral de los residuos en su jurisdicción, para lo cual debe coordinar con las municipalidades distritales y centros poblados menores.

Por su parte las municipalidades distritales son responsables por la limpieza de vías, espacios y monumentos públicos en su jurisdicción, así como de la prestación de los servicios de recolección y transporte de los residuos sólidos municipales, los cuales deberán ser conducidos a la planta de tratamiento, transferencia o al lugar de disposición final autorizado por el ente competente.

Tchobanoglous y Kreith, 2002. La administración del servicio de Recolección de Residuos Sólidos se convierte en una labor compleja, conforme se desarrolla una ciudad, la dificultad para brindar un servicio satisfactorio aumenta, debido a que la generación de materiales residenciales, comerciales, industriales, de parques y zonas verdes, ocurre en espacios reducidos y con limitaciones de tiempo para su recolección. Lo que implica:

FIGURA 3. Proceso Básico en un Sistema de Recolección de Residuos Sólidos



Fuente: Tchobanoglous y Kreith

FIGURA N° 4. Recolección en Camión Compactador



FIGURA N° 5. Transporte en Camión Compactador



FIGURA N° 6. Reciclaje



FIGURA N° 7. Disposición Final



2.2.3. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA DISEÑAR RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Según (*Tchobanoglous y Kreith, 2002*) Diversas técnicas descritas en la literatura enfatizan la importancia del sentido común y la experiencia del operador.

(*Tchobanoglous y Kreith, 2002; Sakurai, 1980; Racero y Pérez, 2006*) En ésta literatura se encuentra un listado de los lineamientos básicos para desarrollar una ruta.

Los siguientes enunciados enumeran las principales consideraciones para diseñar una ruta de recolección:

- ✓ Revisar los requisitos o políticas locales para la recolección. En éste caso se cuenta con la frecuencia y días definidos.
- ✓ Realizar un inventario del Sistema, personal y maquinaria disponible.
- ✓ La ruta debe Iniciar en las cercanías del garaje del camión compactador y finalizar lo más cercano posible del sitio de disposición final.
- ✓ La ruta debe iniciar en el punto de mayor altura, de manera que el camión compactador se llene conforme disminuye la altura.
- ✓ Las calles de alto congestionamiento vehicular deben recolectarse en horas que no interfieran con el tránsito (madrugada o temprano en la mañana)
- ✓ Las zonas de mayor generación de residuos deben recolectarse al inicio de la ruta.
- ✓ Las zonas de baja generación de residuos o de casas dispersas deben recolectarse en un solo viaje o en un solo día.
- ✓ Los recorridos no deben ser cortados ni deben ser duplicados.
- ✓ Cuando sea posible, recolectar ambos lados de la calle al mismo tiempo.
- ✓ Respetar los sentidos de circulación, evitar los giros a la izquierda y vueltas en U para reducir el riesgo de accidentes

2.2.4. APLICACIÓN AL MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS

En el transporte de residuos sólidos, no es común encontrar métodos de optimización de rutas, sin embargo, es importante teniendo en cuenta los altos costos del servicio para la recolección, manejo y transporte de residuos sólidos.

Usualmente, las rutas son generadas por criterio del Jefe inmediato, conjuntamente con los choferes y en forma empírica basándose casi siempre en la experiencia adquirida, lo cual brinda deficiencias en el servicio, como por ejemplo las numerosas repeticiones de recorrido en las calles del croquis de la ciudad para poder abarcar todo el recorrido, y selección de recorridos muy largos debido a que existe un criterio de minimización de recorrido.

Una deficiente propuesta de ruta y una selección de camiones compactadoras con capacidades no adecuadas, trae como consecuencia una deficiente operación y funcionamiento del equipo, desperdicio de personal, reducción de las coberturas del servicio de limpieza y la proliferación de tiraderos clandestinos a cielo abierto.

Entre las razones por las que no se realizan los métodos de optimización de rutas se encuentran los costos de implementación de los sistemas y la falta de conocimiento de parte de los Jefes de Operaciones en implementación de proyectos relacionados al tema.

Macrorutas.-

Se refiere a división de la ciudad en sectores operativos y luego la determinación del número de camiones necesarios en cada una y la asignación de un área del sector a cada vehículo recolector.

Para ello se inicia con la sectorización, que divide la ciudad de Cajabamba en dos sectores, teniendo en cuenta las características geográficas.

El término relevante para la diferenciación de la mejora de rutas de residuos sólidos es la distancia productiva, que es aquella en donde se cargan residuos sólidos, la no productiva, se llama distancia muerta. Se tiene entonces la siguiente fórmula de distancia cubierta en la recolección en donde **km** denota a dicha distancia:

$$Km = \frac{P}{d} = \frac{dp * T * v}{60}$$

Donde;

P = población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno.

d = densidad de población en hab/km

dp = proporción de la distancia productiva en relación a la distancia total.

T = Tiempo disponible para la recolección en minutos.

v = velocidad de avance del vehículo durante la recolección, en km/hrs.

El objetivo de la fórmula es que exista una igualdad, es decir que los km recorridos sean iguales a los proyectados. Si la distancia proyectada fuera mucho mayor que la real, significaría que el tiempo disponible no alcanzaría para hacer la tarea. Y si en cambio, la distancia real ejecutada fuera mucho mayor a la proyectada, sobraría tiempo y habría gastos innecesarios.

Este diseño busca aumentar el valor de " dp ", lo que significa que las distancias productivas sean máximas.

Microrutas.-

Microrutas, hace referencia al recorrido específico que deben realizar diariamente los vehículos recolectores de residuos sólidos. Las variables relevantes para tomar en cuenta son el plano del lugar, el método de recolección, el equipo de recolección, la densidad de población y la generación de residuos sólidos.

Los métodos más recomendables para el microruteo son los determinísticos.

El algoritmo de Little para resolver el problema del agente viajero, enfocado en una demanda discreta, para tiempos de parada fija o en esquinas;

y el algoritmo del cartero chino, para una demanda continua, de recolección tipo acera, intradomiciliaria o similar.

Para el caso más ajustado a la realidad de recolección de residuos, el algoritmo del cartero chino; es una aplicación de la solución de redes de flujo con arcos dirigidos. En el que se utiliza el circuito Euler, que hace referencia a toda ruta continua que cubra cada arco de la red al menos una vez. Si los arcos tienen

más de una dirección, se pueden utilizar reglas muy sencillas para saber si hay solución en la ruta Euler, la cual debe ser impar.

En este problema la ruta buscada es la que reduce la distancia viajando a lo largo de las calles (arcos) un sentido único de regreso a su central de correos.

2.2.5. ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS.-

Los problemas de ruteo de vehículos se fundamenta en determinar el conjunto de rutas de costo mínimo, que inicien y terminen en los centros de carga y descarga de material (y viceversa), visitando todos los puntos relevantes para el funcionamiento del sistema (rutas de recolección).

Las características de clientes, depósitos y vehículos, así como otras restricciones operativas sobre las rutas generan distintas variantes del sistema e incrementan a la complejidad del mismo.

2.2.6. MEJORA Y OPTIMIZACIÓN.-

Entre los servicios de residuos sólidos, el de mayor costo es el de la **recolección** de residuos.

Dicho servicio puede disminuir sus costos en aceite, gasolina, repuestos y mano de obra mediante las mejoras de las rutas, de tal manera que se brinde dicho servicio a más beneficiarios en el menor recorrido posible.

Por lo que la optimización del sistema de recolección es un paso que se puede tomar en el corto plazo para reducir costos y mejorar la calidad y cobertura del servicio.

La mejora de las rutas de recolección implica analizar y maximizar la eficiencia de los siguientes elementos:

- Selección de vehículos
- Diseño de rutas
- Uso de personal
- Nivel de cobertura
- Frecuencia de recolección

- Tiempos requeridos para la recolección y el transporte de los residuos.
- Al optimizar los sistemas de recolección se tendrán en cuenta las siguientes metas:
 - Realizar el servicio de recolección con el menor costo posible, beneficiando a mayor cantidad de usuarios.
 - Proveer un servicio apropiado y eficiente.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. IMPACTO ECONÓMICO.-

Los estudios de impacto económico ayudan a las Administraciones Públicas en la toma de decisiones sobre proyectos de inversión y medidas de política pública:

- Proporcionan información cuantitativa y cualitativa sobre los impactos en producción, empleo, recaudación impositiva o medioambiente.
- Permiten justificar las decisiones de inversión frente a la sociedad y ante otras Administraciones Públicas, así como comunicar con transparencia a través de los medios de comunicación.
- Permiten atraer el interés de patrocinadores y otras fuentes de financiación de proyectos.

2.3.2. MEJORA Y OPTIMIZACIÓN.-

Optimización designa la acción de buscar la mejor forma de hacer algo.

La palabra **optimizar** se compone del vocablo “óptimo”, superlativo de ‘bueno’, que proviene del latín *optĭmus*, y del sufijo “-izar”, del latín *-izāre*.

Optimizar quiere decir **buscar mejores resultados**, más eficacia o mayor eficiencia en el desempeño de alguna tarea.

De allí que optimizar es **sinónimo de** mejorar, optimar o perfeccionar.

Se dice que se ha **optimizado** algo (una actividad, un método, un proceso, un sistema, etc.) cuando se han efectuado modificaciones en la fórmula usual de

proceder y se han obtenido resultados que están por encima de lo regular o lo esperado.

En este sentido, **optimizar** es realizar una mejor gestión de nuestros recursos en función del objetivo que perseguimos.

2.3.3. RUTAS

La **ruta** es un camino, vía o carretera que une diferentes lugares o puntos específicos y que le permite a la personas desplazarse de un lugar a otro, especialmente mediante algún transporte.

2.3.4. RECOLECCION

Procede del latín *recollectum* y hace referencia a la acción y efecto de recolectar (juntar cosas dispersas).

2.3.5. RESIDUOS SOLIDOS

Los Residuos Sólidos, constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico. Se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo.

2.3.6. COSTOS

Costos es la suma de erogaciones en que se incurre para la adquisición de un bien o de brindar un servicio, con la intención de que genere un ingreso o beneficio en el futuro y Gasto es la partida contable que disminuye el beneficio o aumenta la pérdida de una entidad.

2.3.7. SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA

El servicio de Limpieza Pública, comprende la organización, gestión y ejecución del servicio de barrido de calles, y a la recolección de residuos sólidos, su transporte y su disposición final.

El Arbitrio de limpieza publica

Comprende el costo que cancela el vecino, por la implementación, organización y mantenimiento del servicio de recolección de residuos sólidos (domiciliarios, comerciales, industriales, de construcción, de atención de salud, y de otras actividades especiales, transporte, descarga, transferencia y disposición final de los mismos, así como los servicios de aseo urbano, ornato y barrido de pistas, veredas y otras áreas públicas.

2.4. BASE LEGAL

➤ **Ley Nº 27314. Ley General de Residuos Sólidos**

Art.14º: Definición de residuos sólidos. Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos: Minimización de residuos, Segregación en la fuente, Reaprovechamiento, Almacenamiento, Recolección, Comercialización, Transporte, Tratamiento, Transferencia, Disposición final; esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales (EL PERUANO, 2000).

Artículo 15º: Clasificación. Para los efectos de esta Ley y sus reglamentos, los residuos sólidos se clasifican según su origen en:

1. Residuo domiciliario
2. Residuo comercial
3. Residuo de limpieza de espacios públicos
4. Residuo de establecimiento de atención de salud

5. Residuo industrial
6. Residuo de las actividades de construcción
7. Residuo agropecuario
8. Residuo de instalaciones o actividades especiales

Las autoridades responsables al establecer normas reglamentarias y disposiciones técnicas específicas relativas a los residuos sólidos se podrán establecer sub clasificaciones en función de su peligrosidad o de sus características específicas, como su naturaleza orgánica o inorgánica, física, química, o su potencial reaprovechamiento (EL PERUANO, 2000).

➤ **Decreto Legislativo N° 1065, que modifica la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.**

Art. 10°. Del rol de las municipalidades menciona que las municipalidades provinciales son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a estos, en todo el ámbito de su jurisdicción, efectuando las coordinaciones con el gobierno regional al que corresponden, para promover la ejecución, revalorización o adecuación, de infraestructura para el manejo de los residuos sólidos, así como para la erradicación de botaderos que pongan en riesgo la salud de las personas y del ambiente. Están obligadas a:

1. Planificar la gestión integral de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción, compatibilizando los planes de manejo de residuos sólidos de sus distritos y centros poblados menores, con las políticas de desarrollo local y regional y con sus respectivos Planes de Acondicionamiento y de Desarrollo Urbano.
2. Regular y fiscalizar el manejo y la prestación de los servicios de residuos sólidos de su jurisdicción.
3. Emitir opinión fundamentada sobre los proyectos de ordenanzas distritales referidos al manejo de residuos sólidos, incluyendo la cobranza de arbitrios correspondientes.
4. Asegurar la adecuada limpieza de vías, espacios y monumentos públicos, la recolección y transporte de residuos sólidos en el Distrito del Cercado de las ciudades capitales correspondientes.

5. Aprobar los proyectos de infraestructura de residuos sólidos del ámbito de gestión municipal.
6. Autorizar el funcionamiento de la infraestructura de residuos sólidos del ámbito de gestión municipal y no municipal, con excepción de los indicados en el art. 6 de la presente Ley.
7. 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 residuos sólidos para complementar o suplir la acción de aquellos distritos que no puedan hacerse cargo de los mismos en forma adecuada o que hayan sido declarados en emergencia sanitaria o ambiental. El costo de los servicios prestados deberá ser sufragados por la municipalidad distrital correspondiente.
8. Adoptar medidas conducentes a promover la constitución de empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos indicadas en el art. 27 de la presente Ley, así como incentivar y priorizar la prestación privada de dichos servicios.
9. Promover y garantizar servicios de residuos sólidos administrados bajo principios, criterios y contabilidad de costos de carácter empresarial.
10. Suscribir contratos de prestación de servicios de residuos sólidos con las empresas registradas en el ministerio de Salud.
11. Autorizar y fiscalizar el transporte de residuos peligrosos en su jurisdicción, en concordancia con lo establecido en la Ley N° 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, con excepción del que se realiza en las vías nacionales y regionales.
12. Implementar progresivamente programas de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los residuos sólidos en todo el ámbito de su jurisdicción, facilitando su reaprovechamiento y asegurando su disposición final diferenciada y técnicamente adecuada.

Las municipalidades distritales y las provinciales en lo que concierne a los distritos del cercado, son responsables por la prestación de los servicios de recolección y transporte de los residuos municipales y de la limpieza de vías, espacios y monumentos públicos en su jurisdicción. Los residuos sólidos en su totalidad deberán ser conducidos directamente a infraestructuras de residuos autorizadas por la municipalidad provincial, estando obligados los municipios distritales al pago de los derechos correspondientes.

Las municipales deben ejecutar programas para la progresiva formalización de las personas, operadores y demás entidades que intervienen en el manejo de los residuos sólidos sin las autorizaciones correspondientes (EL PERUANO, 2008).

➤ **Ley N° 28611. Ley General del Ambiente**

Art.1º, menciona que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes.

Art. 67º, menciona que las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan... la disposición de excretas y de los residuos sólidos en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento...”

Art. 119º, en su inciso 1 menciona que La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales (EL PERUANO, 2005).

➤ **Ley N° 27972. Ley Orgánica de Municipalidades**

Art. 80º, inciso 3 y 3.1, indica que es una función exclusiva de las municipalidades distritales “Proveer el servicio de limpieza pública, determinando las área de acumulación de desechos, rellenos sanitarios...” y en el inciso 1 y 1.1. Establece como una función exclusiva de las municipalidades provinciales: Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial. (PRODES, 2003).

➤ **Ley N° 29783. Ley de seguridad y salud en el trabajo**

Principio de protección: los trabajadores tienen derecho a que el Estado y los empleadores aseguren condiciones de trabajo dignas que les garanticen un

estado de vida saludable, física, mental y socialmente, en forma continua. Dichas condiciones deben propender a:

- Que el trabajo se desarrolle en un ambiente seguro y saludable.
- Que las condiciones de trabajo sean compatibles con el bienestar y la dignidad de los trabajadores y ofrezcan posibilidades reales para el logro de los objetivos personales de los trabajadores. (EL PERUANO, 2011).

- Constitución Política del Perú Art. 2º Numeral 22
- Ley 26842: “Ley General de Salud”
- D. L. 1065: “Modifica la Ley General de Residuos Sólidos”
- D. S. N° 057-04-PCM: “Reglamento de Ley General de Residuos Sólidos”
- R.D. N° 056-2007-DP: “Aprueba Informe Defensoría N° 125 “Pongamos la basura en su lugar. Propuestas para la gestión de residuos sólidos”

2.5. HIPÓTESIS

Con la mejora de las rutas de Recolección de Residuos Sólidos de la ciudad de Cajabamba, se reducirá los costos de Limpieza Pública de la Municipalidad Provincial de Cajabamba

CAPITULO 3

METODOLOGIA

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de Variables

TABLA N° 4. Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente. Mejora de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos	Acción de buscar mejores resultados en los recorridos de recolección de Residuos Sólidos disminuyendo su costo.	Logro de objetivos	Eficacia	<ul style="list-style-type: none"> - No. de km recorridos. - % Tiempo muerto
		Herramienta de incremento de la productividad que favorece crecimiento estable y consistente.	Mejora Continua	
Dependiente. Costos de Limpieza Pública	Suma de erogaciones en que se incurre para brindar el servicio de Limpieza Pública de la Ciudad de Cajabamba	Reducción de elementos que originan costos en el recorrido de recolección de Residuos Sólidos	Ahorro	% Ahorro en costo de Combustible
		Mayor número de usuarios beneficiados a menor costo.	Competitividad	

La Tabla N° 4, nos muestra la operacionalización de las Variables, materia del presente estudio. La Variable Dependiente es el Costo de Limpieza Pública (lo que genera brindar este servicio) y la Variable Independiente es la Mejora de las rutas de Recolección de Residuos Sólidos, lo que quiere decir que la Mejora de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos impacta en los Costos que genera el Servicio de Limpieza Pública. Tomando como indicadores básicos los kilómetros recorridos, el Tiempo muerto y el ahorro en costo de Combustible.

CAPITULO 4

MATERIAL Y

METODOS

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y METODOS

4.1. TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

Según el diseño de investigación es **Experimental:**

Debido a que un experimento se lleva a cabo para analizar como la variable independiente afecta a una o más variables dependientes y porque lo hace.

En este tipo de diseño la variable independiente resulta de interés para el investigador, ya que hipotéticamente será una de las causas que producen el efecto supuesto.

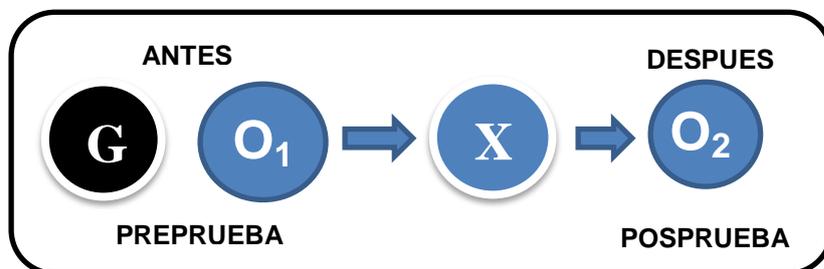
Para obtener evidencia de la supuesta relación causal, el investigador manipula la variable independiente y así observa si la variable dependiente varía o no.

Para esto la variable independiente debe de cumplir tres requisitos; que anteceda al dependiente, que varíe o sea manipulada, y que esta variación podamos controlarla.

Porque Pre Experimental:

Debido a que se realiza una pre evaluación para conocer la situación en que se encuentra, para luego aplicar la propuesta de implementación del modelo de mejora planteada, la misma que se realizará una post evaluación con el fin de comparar los resultados y verificar si se llegó a cumplir los objetivos planteados; el diseño de **pre-prueba – pos prueba** con un solo grupo.

FIGURA 8. Análisis de Contrastación



Fuente: M.A. Emilia Urbina, MCs. Carlos Minchon 2008 – Metodologías de la Investigación.

Elaboración propia.

Donde:

G : Calles de la Ciudad de Cajabamba

- O₁** : Situación Actual de las rutas de Recolección de Residuos Sólidos.
- X** : Utilización del modelo de mejora aplicando el método de programación lineal.
- O₂** : Nivel de Mejora en las rutas del recojo de residuos sólidos en la ciudad de Cajabamba, aplicando el método de programación lineal.

4.2. MATERIAL DE ESTUDIO.

4.2.1. Unidad de estudio.

Para el presente estudio se ha considerado el estudio del poblador de la ciudad de Cajabamba. Una persona.

4.2.2. Población y Muestra

Para el presente estudio se ha considerado los datos estadísticos establecidos en el Informe Técnico de la Ordenanza Municipal N° 020-2015-MPC en donde se considera la Densidad de Habitantes x Predio según la siguiente Tabla:

TABLA N° 5. Densidad de Habitantes por Vivienda

POBLACION 2014	28 667
Total de Viviendas	8 484
Densidad Habitantes por Viviendas	3,38
Densidad Promedio	3

Fuente: Informe Técnico Ordenanza Municipal N° 020-2015-MPC

En la Tabla N° 5, podemos observar la población de Cajabamba en número de habitantes que es 28 667, el total de viviendas 8 484, la Densidad Habitantes por vivienda, es una fórmula utilizada y obtenida del Informe Técnico de la Ordenanza Municipal N° 020-2015-MPC, en que estipula el cálculo para el costo del arbitrio de Limpieza Pública, en base a los predios registrados en Administración Tributaria.

La muestra se ha considerado a 1648 viviendas o predios registrados en el Sistema de Administración Tributaria.

4.3. TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.

4.3.1. Para recolectar datos.

Para el desarrollo de la presente tesis se ha determinado como técnica fundamental la recolección de datos mediante la observación y medición de variables de interés en ésta investigación.

Para lo cual se cuenta con muestras de recorridos realizados en la Compactadora en las Rutas de Recolección tomadas con GPS, BaseCamp y Google Map.

Según *Hernández (2003)* tendremos que tener en cuenta tres actividades estrechamente vinculadas entre sí:

- Seleccionar adecuadamente el instrumento.
- Aplicarlo adecuadamente.
- Preparar observaciones, registros y mediciones obtenidas para que se analicen correctamente.

Como Instrumento de medición: se cuenta a los contribuyentes, debidamente identificados en el Sistema Informático de la Gerencia de Administración Tributaria.

4.3.2. Para analizar información.

1. Recolección de la Información: Observación Directa, utilizando el Software de BaseCamp para el análisis y evaluación de datos del GPS.
2. Trazado de Rutas del recorrido: Observación Directa, plasmado en plano con ayuda de Google Map y los datos bajados del GPS, analizados en Autocad Land.
3. Se empleó la programación matemática, la misma que fue procesada con el Software Lingo.

4. Los Costos generados para brindar el Servicio de Recolección de Residuos Sólidos se detallan en la siguiente tabla.

TABLA N° 6. - Costo de Recolección y Transporte de Residuos Sólidos

Tipo de Costo	Concepto	Costo de Recolección
Directo	- Mano de Obra Directa y Obligaciones	37 624
	- Vestuario	782
	- Combustible y Lubricantes	47 868
	- Mantenimiento	15 594
	- Depreciación	61 250
	- Bienes de Consumo	1 897
	- Equipamiento y Bienes Duraderos	5 475
Indirecto	- Mano de Obra Indirecta y Obligaciones	15 077
	- Servicios Generales	2 495
COSTO TOTAL		188 062

En la Tabla N° 6, encontramos los costos Directos e Indirectos que genera el costo del servicio que se brinda por Limpieza Pública. Los costos indirectos en este caso pueden variar debido a que la mano de obra indirecta y sus obligaciones que se contrata puede variar de acuerdo al servicio que se brinda o se puede denegar el servicio, implica también el uso de los servicios básicos, agua, luz, internet y demás servicios que pueden variar mes a mes, pero sin embargo deben ser presupuestados en el Presupuesto de Apertura Inicial de cada pliego para cada año.

CAPITULO 5

DESARROLLO

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

5.1. GENERALIDADES

La Municipalidad Provincial de CAJABAMBA es el Órgano de Gobierno Local, promotor del desarrollo local, con personería jurídica de derecho público y plena capacidad para el cumplimiento de sus fines; con autonomía política, económica y administrativa en los asuntos municipales de su competencia, siendo de aplicación las leyes y disposiciones que de manera general regulan las actividades y funcionamiento del sector público; así como las normas técnicas referidas a los servicios y bienes públicos, y a los sistemas administrativos del Estado que por su naturaleza son de observancia y cumplimiento obligatorio.

Ningún poder público y autoridad ajena a la Municipalidad Provincial, puede interferir en el cumplimiento de sus funciones; ni en aquellas funciones que de acuerdo a la Ley se le deleguen; salvo en los casos de sentencia judicial, o cuando el Jurado Nacional de Elecciones lo ordene, en materia electoral y vacancias; y en los casos de intervención de la Contraloría General de la República.

Son **finés** del Gobierno Local Provincial de CAJABAMBA, en concordancia con el Art. IV del Título Preliminar de la Ley 27972, las siguientes:

- a. Representar al vecindario y asegurar la participación organizada de los vecinos en el gobierno local.
- b. Brindar la adecuada prestación de los servicios públicos locales.
- c. Promover el desarrollo integral y sostenible de la provincia, en armonía con las políticas y planes nacionales, regionales y distritales de desarrollo concertado, así como el desarrollo de capacidades y la equidad.
- d. Desarrollar los programas sociales básicos.

Son **objetivos** del Gobierno Local Provincial de CAJABAMBA, los siguientes:

1. Procurar el desarrollo local y el ordenamiento territorial de la provincia, promoviendo e impulsando el proceso de planeamiento, recogiendo prioritariamente las propuestas en los procesos de planeación de desarrollo de los Centros Poblados y Distritos.
2. Promover la coordinación estratégica de los planes integrales de desarrollo distritales y el plan integral provincial.

3. Promover, apoyar y ejecutar proyectos de inversión y servicios públicos municipales, en el ámbito de la provincia, u otorgarlos en concesión a personas naturales o jurídicas nacionales o extranjeras, conforme a Ley; para cuyo efecto, se suscribirán los convenios pertinentes con las respectivas municipalidades distritales.
4. Promover el desarrollo de capacidades, la formación del capital humano y del capital social.
5. Viabilizar el crecimiento económico, la justicia social y la sostenibilidad ambiental, promoviendo el desarrollo integral de la provincia.

La Municipalidad Provincial de CAJABAMBA, asume competencias y ejerce funciones específicas señaladas en el Capítulo I y II del Título V de la Ley 27972, con carácter exclusivo o compartido, entre las que se debe mencionar principalmente la siguiente:

SANEAMIENTO, SALUBRIDAD Y SALUD

Es función específica y exclusiva de la Municipalidad Provincial de CAJABAMBA, en el ámbito de la provincia.

1. Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial.
2. Regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes del medio ambiente.

Es función específica compartida de la Municipalidad Provincial de CAJABAMBA, en el ámbito de la provincia.

1. Administrar y reglamentar directamente o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando por economías de escala resulte eficiente centralizar provincialmente el servicio.
2. Los procesos de concesión son ejecutados por la Municipalidad Provincial de CAJABAMBA y debe ser coordinada con los órganos nacionales de promoción de la inversión, que ejercen labores de asesoramiento.
3. Proveer los servicios de saneamiento rural cuando éstos no puedan ser atendidos por las Municipalidades Distritales o las de los Centros Poblados

Rurales, y coordinar con ellas para la realización de campañas de control de epidemias y sanidad animal.

4. Difundir programas de saneamiento ambiental en coordinación con las Municipalidades Distritales y los organismos regionales y nacionales pertinentes.
5. Gestionar la atención primaria de la salud, así como construir y equipar postas médicas, botiquines y puestos de salud en los centros poblados que los necesiten, en coordinación con las Municipalidades Distritales, centros poblados y los organismos regionales y nacionales pertinentes.
6. Realizar campañas de medicina preventiva, primeros auxilios, educación sanitaria y profilaxis local.

Es función específica exclusiva de la Municipalidad Provincial de CAJABAMBA, en el ámbito del distrito capital de Cajabamba.

1. Proveer el servicio de limpieza pública, determinado las áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y aprovechamiento industrial de desperdicios.
2. Regular y controlar el aseo, higiene y salubridad en los establecimientos comerciales, industriales, viviendas, escuelas, playas y otros lugares públicos.
3. Instalar y mantener servicios higiénicos y baños de uso público.
4. Fiscalizar y realizar labores de control respecto de la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente.
5. Expedir carnés de sanidad.

Es función específica compartida de la Municipalidad Provincial de CAJABAMBA, en el ámbito del distrito capital de Cajabamba.

1. Administrar y reglamentar directamente o por concesión de servicios, el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando esté en capacidad de hacerlo.
2. Promover los servicios de saneamiento rural y coordinar con las municipalidades de centros poblados para la realización de campañas de control de epidemia y control de sanidad animal.

3. Difundir programas de saneamiento ambiental en coordinación los organismos regionales y nacionales pertinentes.
4. Gestionar la atención primaria de salud, así como construir y equipar postas médicas, botiquines y puestos de salud en los centros poblados que lo necesiten, en coordinación con los centros poblados y los organismos regionales y nacionales pertinentes.
5. Realizar campañas locales sobre medicina preventiva, primeros auxilios, educación sanitaria y profilaxis.

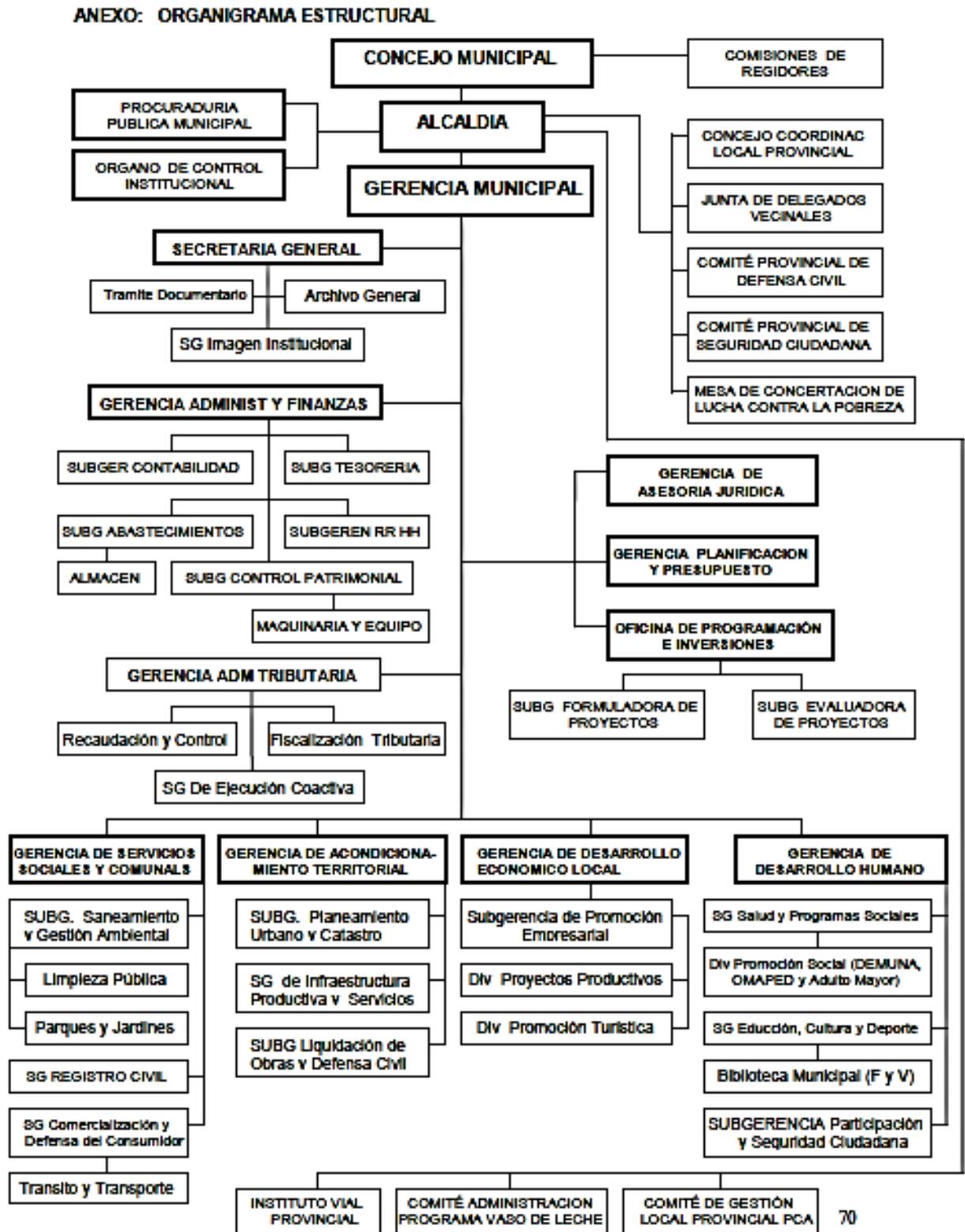
VISION

Cajabamba es una provincia competitiva, líder, con Democracia Participativa, con inclusión social, descentralista, concertadora, transparente, segura y limpia, que promueve y facilita el desarrollo de los sectores: Agropecuario, Agroindustria, Forestación, Artesanía y Turismo, con infraestructura adecuada y moderna, con servicios de calidad en Salud y Educación y con un Ambiente Saludable, protegido y conservado.

MISIÓN

Somos el órgano de gobierno, promotor del desarrollo integral, sostenible y armónico de la provincia de Cajabamba, trabaja en equipo, representa al vecindario, promueve la adecuada prestación de los servicios públicos locales, el desarrollo humano y el desarrollo económico local.

FIGURA N° 9. ORGANIGRAMA – MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJABAMBA



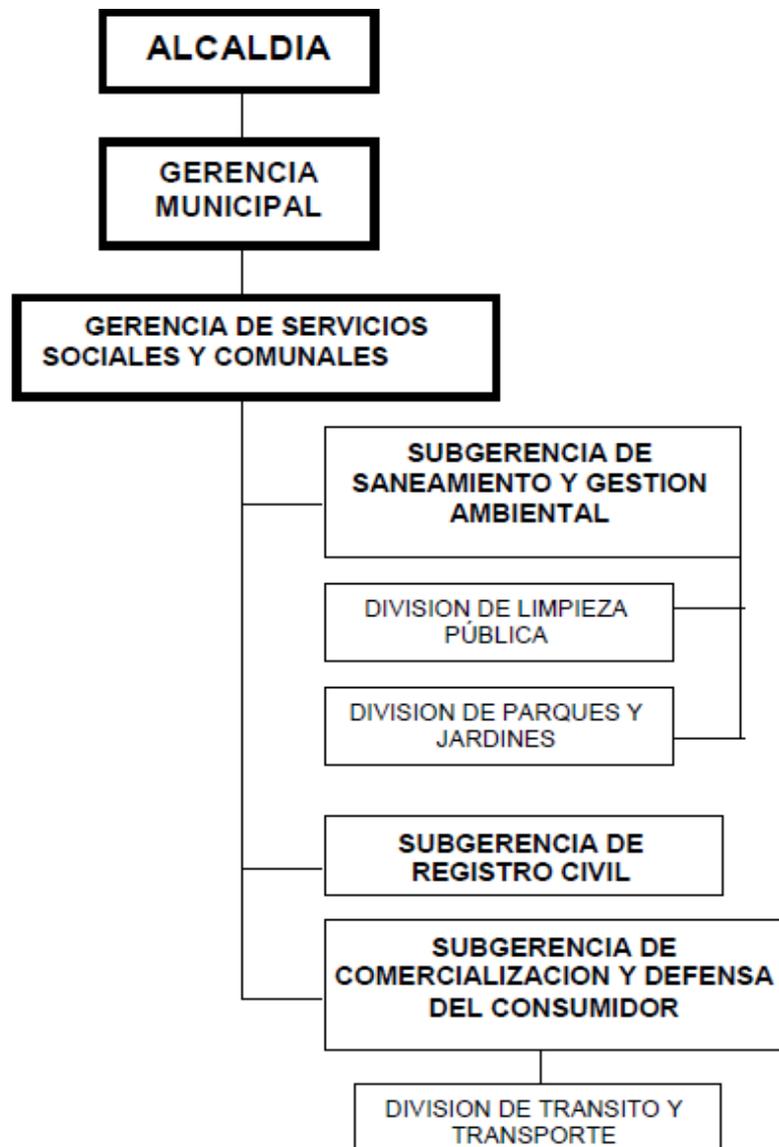
FUENTE: ROF Municipalidad Provincial de Cajabamba

5.1.1. Información del Área de Estudio

La Gerencia de Servicios Sociales y Comunes, es el órgano de línea responsable de la organización, dirección, ejecución y control de los servicios públicos: agua potable y alcantarillado, **limpieza pública**, parques y jardines, registros civiles, comercialización y defensa del consumidor, tránsito y transporte, que administra la Municipalidad Provincial de CAJABAMBA.

La Gerencia de Servicios Sociales y Comunes, para el cumplimiento de sus objetivos y funciones tiene la estructura orgánica siguiente:

FIGURA N° 10. ORGANIGRAMA AREA EN ESTUDIO



FUENTE: ROF Municipalidad Provincial de Cajabamba

Son funciones de la División de Limpieza Pública, las siguientes:

1. Programar, organizar, ejecutar y supervisar las acciones de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos.
2. Proveer el servicio de limpieza pública, determinando las áreas de acumulación de desechos.
3. Realizar el barrido de calles.
4. Promover campañas educativas de Limpieza Pública.
5. Diseñar, organizar y ejecutar Programas de eliminación de residuos Sólidos, aplicando técnicas adecuadas con la conservación y reconversión a favor del medio ambiente, en coordinación con la Sub Gerencia Saneamiento y Gestión Ambiental.

5.2. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

5.2.1. Programación de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos:

Las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos de la Ciudad de Cajabamba, se encuentra bajo la dirección de la Gerencia de Servicios Comunes y Sociales de la Municipalidad Provincial de Cajabamba, cuya Oficina principal se encuentra ubicada en el Jr. Alfonso Ugarte No. 620 de Cajabamba

Esta oficina actualmente es la encargada de establecer las rutas junto con los choferes de los Vehículos Compactadores de manera empírica y luego se realiza el seguimiento del plan de ruteo manualmente mediante un croquis de la ciudad de Cajabamba.

El mantenimiento técnico de los vehículos compactadores se realizan obedeciendo a un plan de mantenimiento preventivo de acuerdo al recorrido realizado (km).

Existen tres intervalos de tiempos normales de ingreso y salida de los **dos** vehículos Compactadores en los que la Municipalidad de Cajabamba, realiza el recojo de los residuos de la ciudad de Cajabamba, estas dos Compactadoras operan para las dos rutas en los turnos determinados (TABLA N° 3).

Cada ruta de la ciudad tiene una configuración distinta que varía según la necesidad.

La distribución actual de los vehículos compactadoras de la provincia de Cajabamba, se encuentra definida en las Rutas de las FIGURAS N° 12 y 13.

Tabla N° 7. Horario Actual de Recolección de Residuos Sólidos (domiciliarios y Barrido de calles)

HORARIO DEL SERVICIO DE RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA	HORARIO DEL SERVICIO DE RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS BARRIDO DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA
DE LUNES A DOMINGO	DE LUNES A DOMINGO
TURNO NOCHE	TURNO MADRUGADA
4:30 P.M. A 10 P.M.	2:30 A.M. A 6:30 A.M.
	TURNO DIA
	11 A.M. A 12:30 P.M.

Fuente.- Elaboración propia.

En la Tabla N° 7, mostramos los horarios del Servicio de Recolección de Residuos Sólidos domiciliarios de la Ciudad de Cajabamba, dicha recolección se realiza de lunes a domingo y en turno noche a partir de las 04:30 pm. El servicio de Recolección de Residuos Sólidos que corresponde al barrido de la ciudad de Cajabamba que se realiza de lunes a domingo en turno de madrugada y día, de 02:30 am a 06:30 am, y de 11:00 am a 12:30 pm, respectivamente.

Estas rutas se basan en la distribución urbana-geográfica de la ciudad, sin embargo no se sigue ningún método de mejoramiento de rutas.

Con respecto a la ciudad de Cajabamba - FIGURA N° 11, se observa el croquis de las calles mediante Google Maps y en las FIGURAS N° 12 y 13 las rutas 1 y 2, respectivamente, de los sectores que actualmente se encuentra operando.

Por cada ruta pasa un vehículo Compactador.

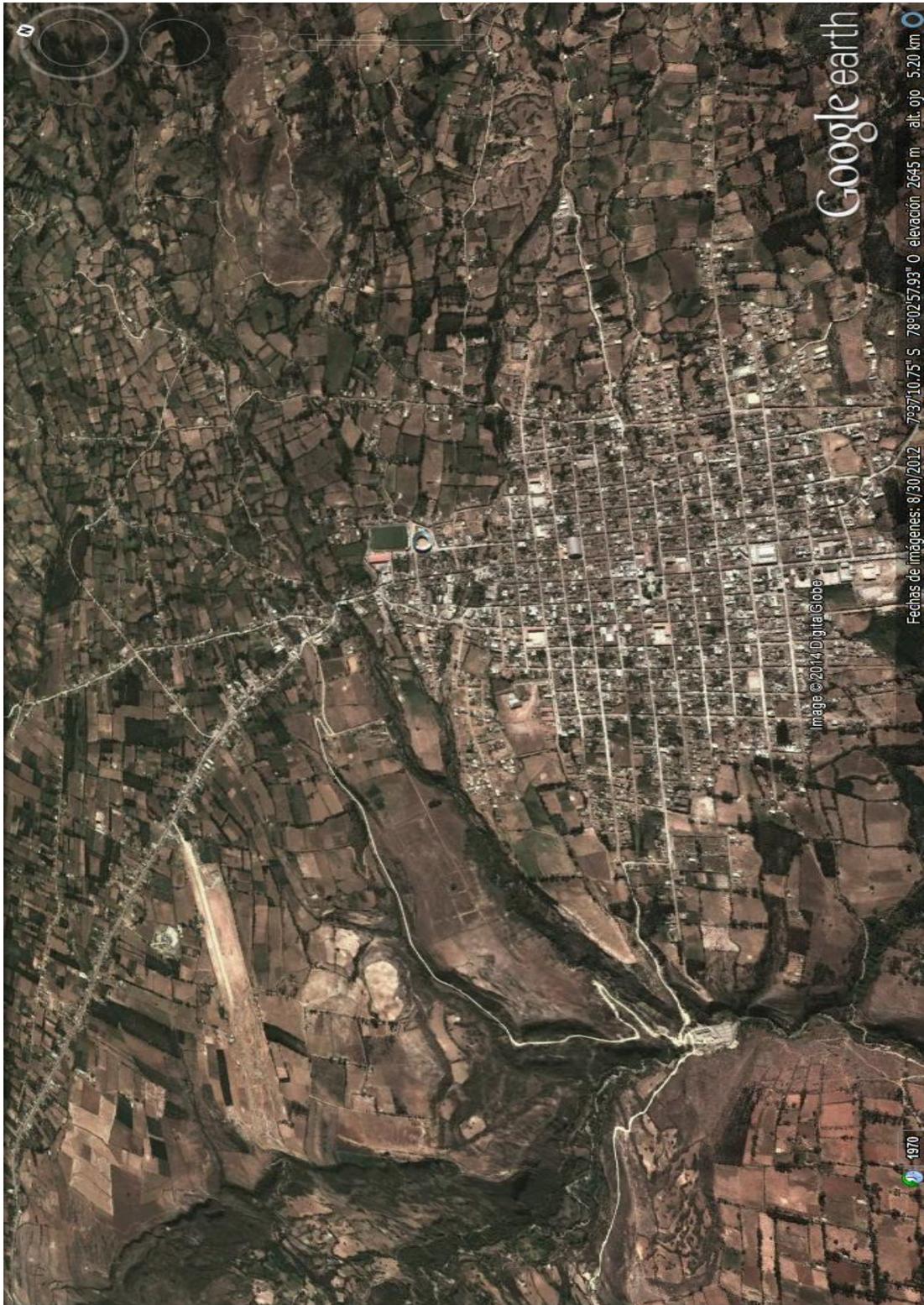
El detalle de la nueva ruta 01 se encuentra en el Anexo No. 01.

El detalle de la nueva ruta 02 se encuentra en el Anexo No. 02.

Las rutas de la ciudad de Cajabamba tienen distintos tiempos y distancias de recorrido.

Actualmente, no existen indicadores dentro de la Gerencia de Servicios Comunales y Sociales, con relación al recojo de los Residuos Sólidos, lo cual no permite apreciar de una manera asequible el logro cuantificable de los puntos importantes de la Entidad edilicia, y por ende no se tiene claro el tema de cumplimiento de objetivos.

FIGURA N° 11 – Croquis de las Calles de Recojo de Residuos Sólidos



CAPITULO 6

DESARROLLO

CAPÍTULO 6. DESARROLLO

6.1. OPERACIONES

La Cobertura de barrido en la Ciudad de Cajabamba

El servicio de Barrido de calles y avenidas principales, lo brinda la Municipalidad Provincial de Cajabamba, contando para ello con 22 trabajadores, distribuidos en 19 sectores, 04 volantes que se encuentran bajo la dirección de la Gerencia de Servicios Comunales y Sociales, quienes realizan el papeleo y recojo de residuos dispuestos en los 120 kilómetros de vías principales. Este servicio se realiza diariamente en 3 turnos (ver el TABLA N° 8) cuadro), recogándose en promedio de 2.5 toneladas diarias.

FIGURA N° 12. PERSONAL DE BARRIDO DE CALLES



FIGURA N° 13. PERSONAL DE BARRIDO DE CALLES



FIGURA N° 14. PERSONAL RECIBE UNIFORME PERIODICAMENTE



TABLA N° 8. - HORARIO DE COBERTURA DE BARRIDO

HORARIO DEL SERVICIO DE BARRIDO DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA
DE LUNES A DOMINGO
CALLES DE LA CIUDAD
TURNO MADRUGADA
1 A.M. A 5 A.M.
TURNO MAÑANA
10 A.M. A 12 M
TURNO TARDE
3 P.M. A 5 P.M.
PLAZA DE ARMAS Y PASEO PEATONAL
TURNO MADRUGADA
1 A.M. A 5 A.M.
TURNO MAÑANA- TARDE
7 A.M. A 3 P. M.
TURNO TARDE
3 P.M. A 7 P.M.
Cajabamba, Diciembre del 2015

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 8, se muestra los horarios de barrido de calles. Lo cual se ejecuta de acuerdo a los sectores asignados, que para este caso se divide en 19. La Recolección de los Residuos Sólidos generados en el barrido de las vías públicas se hace con el horario establecido en la Tabla N° 7.

El Recojo de los Residuos Sólidos

De la misma manera la Gerencia de Servicios Comunes se encarga de controlar que el recojo de los residuos sólidos se ejecute de la manera prevista y con la mayor eficiencia posible.

Para que esto ocurra, el Gerente del área de Servicios Comunes y Sociales supervisa y es el mismo que se encarga de mantener la eficiencia del proceso.

Así como es el encargado de asignar las rutas y controlar el seguimiento de los compactadores y el volumen ocupado al momento de llegar al relleno sanitario.

El Volumen de los vehículos compactadores se detalla en la siguiente tabla:

TABLA N° 9. – VOLUMEN EN M³ DE LOS VEHICULOS COMPACTADORAS

COMPACTADORAS	AREA m ³	LONGITUD mt	VOLUMEN TM
Placa EGE 958	5.0	1.2	6
Placa EGE 759	6.5	1.5	10

Elaboración propia

La Tabla N° 9, nos detalla la capacidad en Toneladas Métricas que cuenta cada compactadora, según el área con la que cuenta cada vehículo compactador, determinado por su longitud. Para el estudio del presente caso no se ha tomado en cuenta su capacidad máxima (13 TM), sino más bien la capacidad estipulada por norma que es de 9.6 TM.

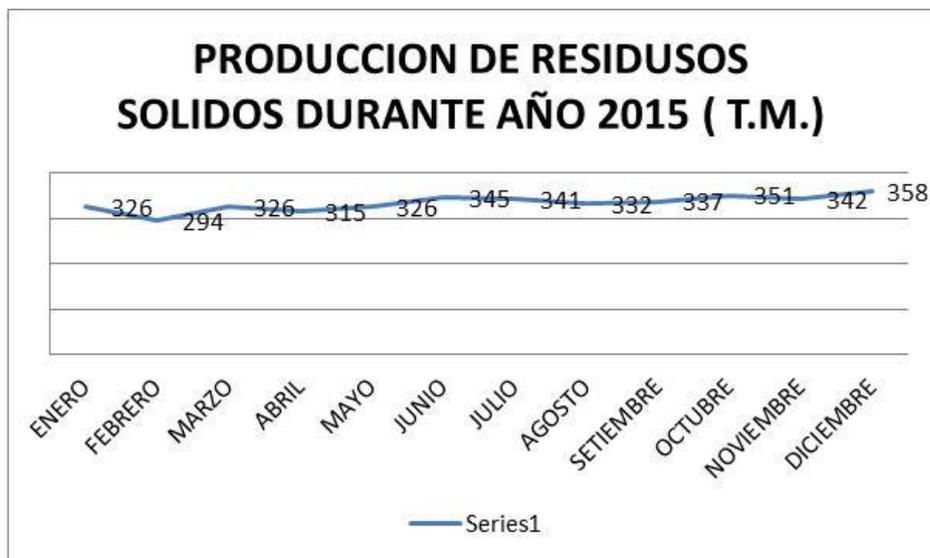
TABLA N° 10. – Producción promedio Año 2015 de Residuos Sólidos en m³, según día de semana.

TURNO	LUGAR	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	TOTAL (M3)
Madrugada	Vías	10	8	8	9	8	8	8	59
	Mercado	6	4	4	6	4	6	6	36
Mediodía	Vías	5	3	3	3	3	3	9	29
Noche	Domiciliaria	36	34	26	26	32	38	13	205
TOTAL		57	49	41	44	47	55	36	329

Elaboración Propia

En la Tabla N° 10, podemos observar la generación de metros cúbicos en promedio de Residuos Sólidos por día de semana y recolectada según el horario establecido, tomando en cuenta el lugar de generación. Estos datos son tomados en promedio en el año 2015.

FIGURA N° 15. Producción de Residuos Sólidos por mes - Año 2015



Elaboración propia.

TABLA N° 11. – Producción promedio Año 2015 de Residuos Sólidos en m³, según lugar de Generación por Semana y Diaria.

DESCRIPCION	DOMICILIARIA		VIAS		MERCADO	
	SEMANA	DIA	SEMANA	DIA	SEMANA	DIA
TOTAL (M3)	205	29,29	88	12,57	36	5,14
TOTAL (TM)	123	17,57	61,6	8,8	21,6	3,09
N° VIVIENDAS	4 000					
N° PERSONAS	16 000					
Prod/percapita (Kgs)	7,6875	1,10				

Elaboración Propia

En la Tabla N° 11, podemos apreciar la generación de residuos sólidos clasificados en domiciliaria, vías y mercado, tomando en cuenta el número de viviendas y el número de personas, mostrando un promedio per cápita de generación en kilogramos distribuidos por semana y por día.

Existen ciertos materiales que pueden ser utilizados para reciclaje, pero la Municipalidad hasta la actualidad no ha conseguido concientizar al ciudadano para poder ejecutar el servicio de reciclado, sin embargo el presente estudio nos ha permitido analizar la producción de la basura clasificada de la siguiente manera:

FIGURA N° 16 – Segregación de Residuos Sólidos en Disposición Final



FIGURA N° 17- Segregación de Residuos Sólidos en Disposición Final



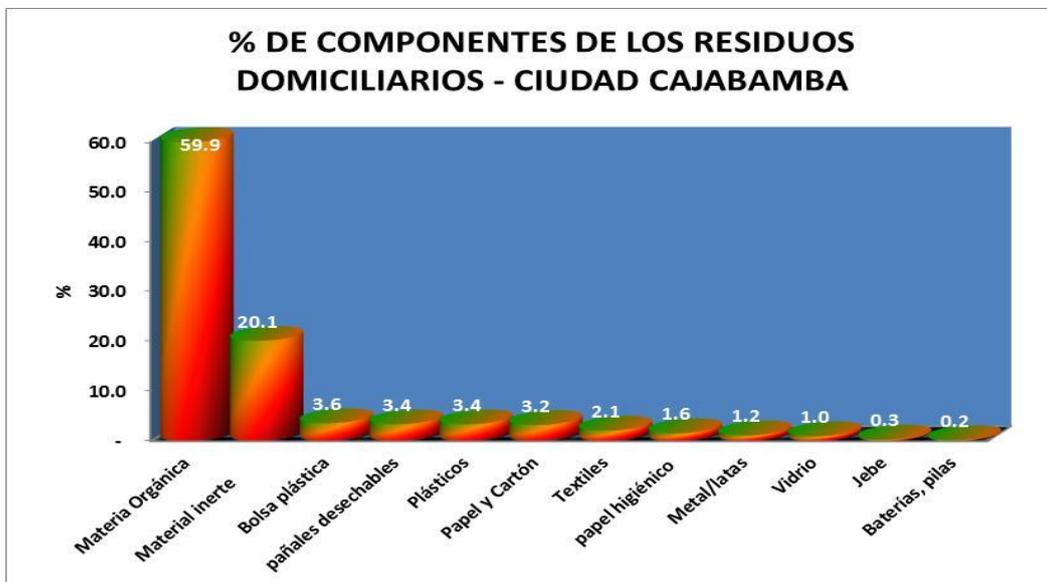
TABLA N° 12 – Porcentaje de componentes de los Residuos Sólidos Domiciliarios de la Ciudad de Cajabamba

COMPONENTES	%
Materia Orgánica	59.9
Material inerte	20.1
Bolsa plástica	3.6
pañales desechables	3.4
Plásticos	3.4
Papel y Cartón	3.2
Textiles	2.1
papel higiénico	1.6
Metal/latas	1.2
Vidrio	1.0
Jebe	0.3

COMPONENTES	%
Baterías, pilas	0.2
Total	100.0

En la Tabla N° 12, nos muestra con qué, porcentaje se encuentra conformado los Residuos Sólidos recolectados. Dichos residuos son desagregados en el botadero destinado para tal fin.

FIGURA N° 18. – Porcentaje de Componentes de Residuos Sólidos de la Ciudad de Cajabamba



Los Camiones Compactadores realizan sus rutas establecidas y una vez finalizada la misma, se dirige al botadero municipal, donde se hace la disposición final.

FIGURA N° 19. – BOTADERO MUNICIPAL – Ubicación Geográfica



6.2. RECURSOS HUMANOS

Esta Gerencia de Servicios Comunes, es la encargada del reclutamiento y selección de empleados, además de informar al área de Recursos Humanos para el pago de sus planillas mensuales.

No existen, sin embargo, indicadores que permitan medir la eficiencia y esfuerzo de cada trabajador.

Tampoco existen indicadores de rotación.

El Área de Recursos Humanos sólo cuenta con información histórica de sus trabajadores en documentos sueltos, mas no en reportes caracterizados o files personales específicos, en la actualidad esta Gerencia cuenta con 125 personas a cargo.

TABLA N° 13. – RELACION DE PRINCIPALES SECTORES – Cada Sector cuenta con una persona a cargo. (BARRIDO DE CALLES)

SECTOR	NOMBRE
1	Alameda
2	I.E. 118
3	I.E. N.S.R.
4	Hospital
5	USAPAM
6	Plaza de armas(Noche)
6	Plaza de armas (Día)
7	Paseo Peatonal (Noche)
7	Paseo Peatonal (Día)
8	UGEL
9	La Torre – A. Ugarte
10	Porotillo
11	Mercado
12	Policía

SECTOR	NOMBRE
13	Taller Municipal
14	Sector Santa Ana
15	Av. San Lorenzo
16	Jr. Paso libertadores
17	Jr. Antonio Raimondi
18	Ciclo Vía
19	calles nuevas

La Tabla N° 13, nombra a los 19 sectores, en el que se divide el servicio de barrido de calles. Cabe mencionar que para cada sector se cuenta con un personal responsable de dicho sector.

TABLA N° 14. Cobertura del Servicio de Limpieza Pública (por calle - Cuadras – No. De Predios)

NOMBRE DE LA CALLE	CUADRAS	PREDIOS (NO. DE CASAS)
Alfonso Ugarte	01 - 09	86
Antonio Raimondi	01	5
Arias	02-09	52
Arica	01	7
Balta	01 – 06	105
Barranco	05	6
Bernal	01 – 02	8
Blondel	02 – 11	62
Bolognesi	01 – 10	84
Bolognesi Norte	01 – 02	18
Cáceres	04 – 12	62
Capilla de los Dolores	01 – 02	6
Cárdenas	03 – 10	42

NOMBRE DE LA CALLE	CUADRAS	PREDIOS (NO. DE CASAS)
Carlos Heros	01 – 06	45
Celso Benigno Calderón	01 – 10	77
El Rosario	01 – 02	31
Miguel Grua	01 – 11	124
José Gálvez	01 – 02	17
José Olaya	03 – 04	7
José Sabogal	03 – 12	36
King	04 – 06	8
La Torre	01 – 11	119
Lara	03 – 14	78
Lara Pasaje	01	0
Leoncio Martínez Vereau	01 – 04	40
Leoncio Prado	01 – 08	42
Llosa	01 – 06	31
Luna	03 – 06	23
Nacarino	02 - 10	32
O'donovan	01 – 09; 13	46
Portugal	01 – 09	50
Prolongación La Torre	01 – 02	44
Prolongación Silva	01 – 02	28
Ricardo Palma	02 – 03	20
San Martín	01 – 02	15
Santa Mónica	01 – 04	22
Santa Rosa	01 – 02	9
Silva	02 – 10	55

NOMBRE DE LA CALLE	CUADRAS	PREDIOS (NO. DE CASAS)
Simón Bolívar	01 – 05	30
Suárez	03 – 13	51
Zavala	05 – 09	25
TOTALES		1 648

Tabla N° 14, esta tabla hace referencia a las calles que cuentan con el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios, haciendo referencia al número de cuadras y número de viviendas por Jirón, haciendo un total de 1 648 predios registrados y que contribuyen con arbitrios de Limpieza Pública.

6.3. MAESTRANZA

La disponibilidad de los Vehículos Compactadoras es el ideal ya que se puede decir que están dispuesto al 100%, pero no se toma en cuenta su disponibilidad cuando uno de ellos se encuentra en mantenimiento periódico o de rutina, lo cual ocasiona que el otro vehículo recolector trabaje doble turno o haga sus veces y realice el doble trabajo, ocasionando el mal estar del usuario por no contar con el servicio en el horario acostumbrado.

También podemos mencionar que no existe un registro fehaciente del mantenimiento preventivo que debe contar o que contó cada vehículo compactador, por lo que se puede decir que no se tienen indicadores de la capacidad ociosa de cada uno de los Vehículos Compactadores.

6.4. RUTAS

Las rutas existentes fueron analizadas por el lapso de quince días promedios, así como las cargas promedio de los camiones compactadores, lo que se pueden observar en la TABLA N° 3.

Y teniendo en cuenta que cada camión tiene como carga promedio aceptada de 10 a 9.6 toneladas, se observa que la distribución del promedio de carga por ruta no es uniforme.

Por lo que esto indica que nos encontramos, entonces, ante un caso de mala distribución de rutas, donde algunas finalizan la ruta con menos carga de la capacidad permitida legal del vehículo y otras finalizan con más carga que la capacidad permitida.

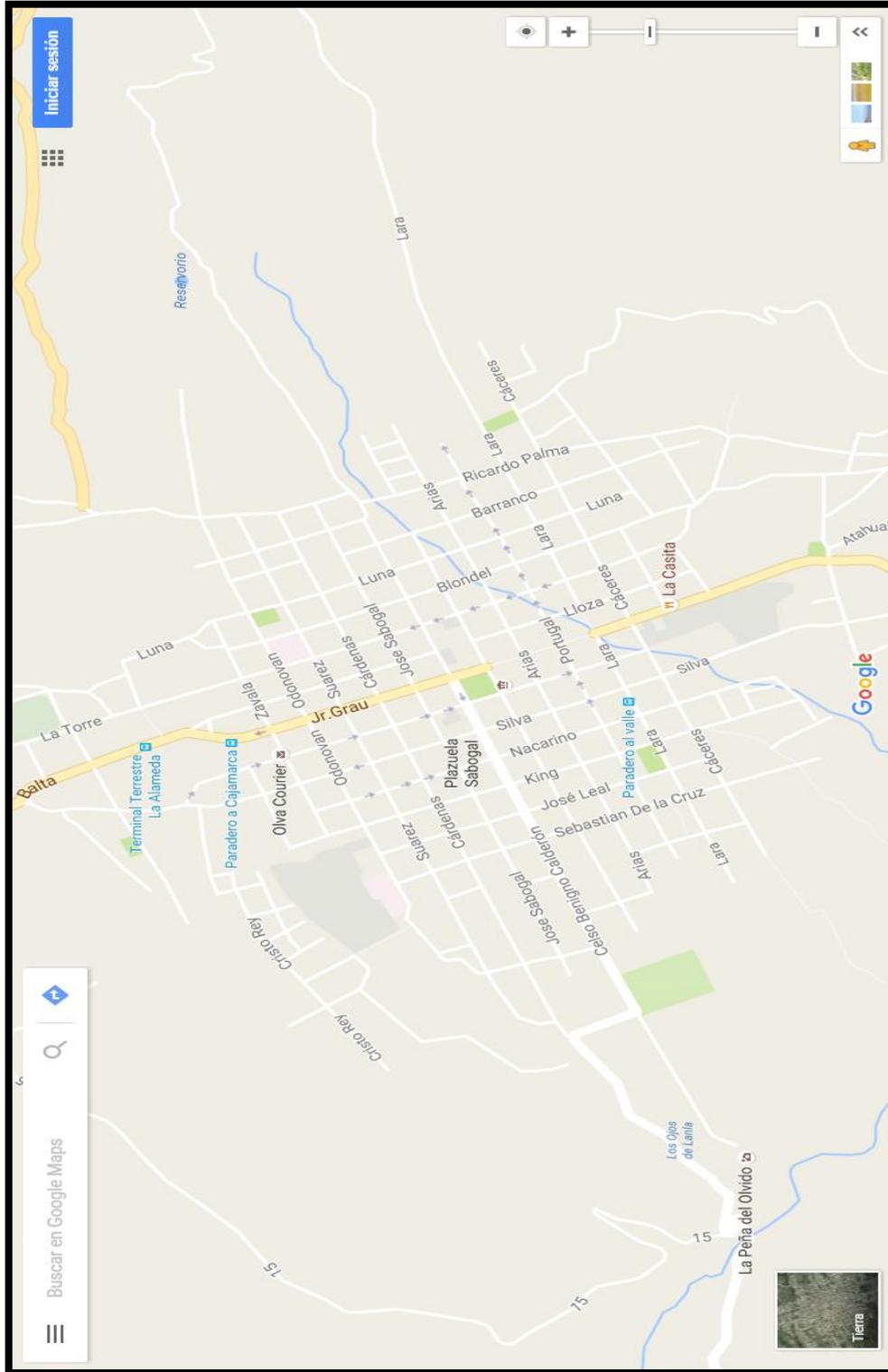
Además, el hecho de que no existan rutas fundamentadas mediante un proceso de mejora y optimización, dificulta la programación ordenada del servicio y la comunicación con los vecinos, debido a que no existen rutas estimadas con tiempos exactos que permitan informar con seguridad sobre tiempos exactos o promedios (hora indicada) de recojo de basura y así generar un hábito en los vecinos que disminuya el tiempo de espera para el recojo, y por ende la acumulación en puntos críticos en donde podría ser considerado un foco infeccioso y de mala imagen para el ornato de la ciudad.

En la FIGURA N° 22. Se muestra el Volante de Concientización al usuario, pero como se puede apreciar no especifica el horario de recojo.

FIGURA N° 20. Volante de Concientización al Usuario.



FIGURA N° 21. CROQUIS DE CALLES CIUDAD DE CAJABAMBA



Fuente: Google Maps

6.5. DISEÑO DE PROPUESTA

Las nuevas rutas propuestas se detallan en las FIGURAS N° 24 y 25, Ruta 1 y Ruta 2, respectivamente, las mismas que han sido elaboradas teniendo en cuenta los lineamientos básicos, sugeridos en la literatura de (*Tchobanoglous y Kreith, 2002; Sakurai, 1980; Racero y Pérez, 2006*). Después de haber considerados los puntos nodo propuestos por el programa Lingo.

La solución propuesta se enfoca en el proceso de mejorar las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos de la Ciudad de Cajabamba, con la finalidad reducir los costos de Limpieza Pública, cuyos pasos a seguir son los siguientes:

- El recojo de los residuos sólidos.- Para este motivo, se inicia con una descripción de las actividades previas, la mejora de ciertos procesos necesarios para la mejora de rutas, incluyendo los indicadores para una mejor gestión.
- Luego se procede a diagramar las nuevas rutas, considerando el Método Heurístico desarrollado en la presente tesis. (modelo propuesto).
- Por último, se presentan los beneficios cualitativos y amenazas relacionadas a la implementación de las nuevas rutas, teniendo en cuenta la adaptabilidad de mejora.

6.6. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA

6.6.1. Sectorización de Rutas

La ciudad de Cajabamba, nos sirve como base para proponer el modelo de Mejora de las rutas de recolección de Residuos Sólidos, debido a su alto costo que este servicio representa.

Para ejecutar la propuesta, primero se analizó la distribución actual de rutas y la utilización de la capacidad de carga disponible de los Vehículos Recolectores.

La capacidad permitida de cualquier camión es de 9.6 toneladas según ley. Sin embargo, la máxima posible es de 13 toneladas.

Por tal motivo, se utiliza la constante de 9.6 toneladas para calcular el número necesario.

Se tiene en cuenta el Factor de reserva (Fr) es 1, y el Factor de Cobertura (K), también es 1, y el número de días hábiles (dh) es de 7, el número de viajes (N) es 2.

En cuanto a la producción de residuos Sólidos ($G \times F$) es 24.50 kg/día. Entonces tenemos:

$$N = \frac{G * P}{2 * C} = \frac{38.00}{(2 * 9.6)} = 1.98 \approx 2$$

Dada la respuesta, se obtiene que la cantidad necesaria de vehículos es de: 2 Compactadoras.

Al existir 2 vehículos existen como máximo 2 rutas. Para lo cual se organizan las rutas de acuerdo con la capacidad máxima, y con la información de toneladas recogidas por ruta.

El criterio para clasificar las áreas, es que dichas áreas con las que se forman los nuevos espacios sean contiguas y permitan un flujo cómodo para la creación de la ruta del vehículo.

La nueva sectorización (dos sectores a atender), se muestra en las FIGURA N° 25., cuyo detalle se encuentra en el Anexo No. 03

A partir de esta propuesta se ejecutará el modelo de optimización de rutas para los nuevos recorridos.

6.6.2. Modelo de Optimización de Rutas

Para construir la fórmula objetivo se toma como base el Método del Agente Viajero TSP, el cual genera rutas óptimas.

La fórmula objetivo necesita multiplicar las veces que se utiliza cada arco por una constante asociada a la distancia del arco.

Esta constante se define en base al tipo de recorrido del vehículo. La misma que es a una velocidad baja y constante, por lo que, tomando en cuenta el gasto en combustible y por ende los costos asociados dependerán directamente de la distancia recorrida.

La distancia recorrida será la constante asociada.

El cruce por las esquinas del mapa será obligatorio, lo cual permitirá recoger la mayoría de basura dentro del camino y tener visibilidad del recojo en todas las calles, pues se podrá visualizar desde las esquinas si la basura de las calles ha sido recogida.

En los nuevos mapas propuestos, se ha determinado cada arco como una variable, compuesta de dos nodos, que son las esquinas de las calles.

A partir de esta información, se realiza una función objetivo que minimice la distancia total recorrida.

El camino obligatorio a recorrer se determina según las necesidades de la Municipalidad.

El recolector de basura tiene que dejar limpia toda la ruta, sin embargo eso no necesariamente significa que el camión tiene que recorrer todas las calles.

A partir de esto, se define que la manera más efectiva de definir la ruta es mediante las esquinas del mapa como puntos de paso obligatorios

Las restricciones que tiene este modelo son las siguientes:

- El compactador debe cruzar todos los nodos del mapa. Para esta restricción, se tendrá en cuenta cada camino existente. Para cada nodo se tendrán diferentes restricciones. Si es un camino de sólo una entrada o salida, entonces se colocará como restricción el único arco adyacente a ese nodo, y se le colocará una restricción de menor o igual a 2 (entrada y salida). Para los caminos de 2 o más arcos adyacentes, se utilizará la restricción de que la suma de todos los arcos será mayor igual a 2, y que la suma de los arcos de un subconjunto de ese grupo, de tamaño n-1 arcos, será 1. Esto, debido a que se busca con el modelo, que la entrada y salida sea por puntos diferentes, para diversificar el camino. En el caso específico de los nodos con sólo dos rutas adyacentes, no será necesario colocar la fórmula de la suma de nodos mayor igual a 2, pues restringiéndolas cada una a mayor a igual a uno, se deduce la otra fórmula, y su descripción en el modelo sería redundante.
- Por otro lado teniendo en cuenta que un camión de basura avanza a 7 km/h en promedio según data histórica, se tendría disponible 28,000 metros de distancia recorrida para cada ruta, por lo que no se colocará en el modelo, pero se tendrá en cuenta al momento de revisar las soluciones.
- Para este modelo no se tendrá en cuenta la restricción de subnodos, debido a que no es una restricción exclusiva de este tipo de ruta, pues la solución real será adaptando el modelo a la práctica, lo que significa que la restricción de subnodos podría considerarse en el ajuste del modelo empírico. Una vez resueltos los modelos, se conectarán los subnodos al recorrido del camión, y se evaluarán las nuevas condiciones del camino.

La formulación matemática es la siguiente:

$$Z = C_1x_1 + C_2x_2 + C_n x_n$$

sujeito a las condiciones o restricciones:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{1n} x_n \{ \leq = \geq \} b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{2n}x_n \{ \leq = \geq \} b_2$$

...

$$A_{t1}x_1 + a_{t2}x_2 + a_{tn}x_n \{ \leq = \geq \} b_t$$

...

$$A_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{mn}x_n \{ \leq = \geq \} b_m$$

donde $x_1, x_2 \dots x_n$, son variables $c_1, c_2 \dots c_n$; $a_{11}, a_{12} \dots a_{m1} \dots, a_{mn}$
y $b_1, b_2 \dots, b_m$, son constantes y en cada condición se asume uno de los
signos $\leq = \geq$.

Así, tanto la función objetivo $z = z(x_1, x_2 \dots, x_n)$ como las funciones que
definen los miembros izquierdos de las condiciones o restricciones son funciones
lineales de las variables de decisión $x_1, x_2 \dots, x_n \dots$

En este caso a las constantes; $c_1, c_2 \dots c_n$ de la función objetivo se les suele
denominar costos o coeficientes de costos.

Se llama solución factible a cualquier colección de valores $x_1, x_2 \dots, x_n$, que cumplan todas
las restricciones.

El problema consiste en determinar el mayor Z_{max} (o menor Z_{min}) de los valores de la función
objetivo $Z(x_1, x_2 \dots, x_n)$, evaluada sobre todas las soluciones factibles y, desde luego,
indicar una solución óptima, esto es, una solución factible que produzca ese valor.

Para el presente caso la función objetivo es la siguiente:

$$\text{Ruta 1: } Z_{min}(178,84+120,25+78,2+65,49+130,54+90,97+795,60+151,87+1204,26+156,19+$$

$$613,36+441,38+493,80+276,74+52+40+266,61+67,18+64+65+67,07+280,90+111,81+60,48+672,51+68,85+75,66+ \\ 66,04+73,8+77,13+71,87+75,26+66,4+81,41+109,91+145,74+128,96+75,33+64,9+25+75,4+74,77+132,09+79,62+ \\ 211,23+69,3+65,77+68,55+137,24+158,97+68,23+68,9+72,54+66,58+38+476,61 \dots)$$

Tabla N° 15. Nodos del Nuevo Recorrido tomado del Modelo de Solución.

Del	Al	Mt.	Del	Al	Mt.	Del	Al	Mt.
1	2	62	1	2	142.02	1	2	178.84
2	3	169.96	2	3	91.73	2	3	120.25
3	4	136.98	3	4	383.04	3	4	78.2
4	5	70.76	4	5	68	4	5	65.49
5	6	136.09	5	6	127.85	5	6	130.54
6	7	73	6	7	71.35	6	7	90.97
7	8	59	7	8	67	7	8	795.6
9	10	33	8	9	63	8	9	1519.87
9	11	64.5	9	10	49	9	10	1204.26
11	12	64	9	11	72	10	11	156.19
12	13	63	11	12	70.02	11	12	613.36
13	5	207.93	12	8	65	12	13	441.38
12	14	65	12	13	69.6	11	14	493.8
14	15	70	7	14	72	14	15	276.74
15	16	67	14	16	129.77	15	16	52
16	17	69	16	15	75.53	16	17	40
17	18	55	16	17	44	17	18	266.61
17	20	70	16	18	65	16	51	40
20	15	77	18	19	116.31	18	19	67.18
19	20	43	19	20	143.4	19	20	64

Del	Al	Mt.	Del	Al	Mt.	Del	Al	Mt.
12	21	134.33	19	21	131.28	20	21	65
14	22	137.72	21	22	141.44	21	18	67.07
21	22	67	22	23	41	18	48	73.15
22	23	70.78	23	24	59	21	22	280.9
23	24	63	24	25	152.02	22	23	111.81
24	25	74	25	26	161.62	23	24	60.48
25	26	264.16	27	29	141.74	24	25	672.51
26	27	107.32	28	29	152.73	25	26	68.85
28	29	166.21	29	30	180.97	26	27	75.66
29	30	278.65	29	32	69.1	27	28	66.04
30	31	97	32	31	176.5	28	29	73.8
32	33	160.15	32	33	83.66	29	30	77.13
33	30	70	33	34	201.95	30	25	65.84
33	34	136.38	33	35	67.4	25	28	75.96
34	35	69	35	36	117.82	30	31	71.87
35	36	61.8	36	37	63.3	31	32	75.26
36	37	349.01	37	38	124.34	32	33	66.4
37	38	71.24	38	39	277.28	33	34	81.41
37	40	70.03	37	40	126.18	34	35	109.91
40	39	58	40	41	139.37	34	36	145.74
40	41	140.47	40	42	195.23	36	52	29
41	42	72	40	43	106.95	36	37	128.96
42	43	68	43	44	242.4	37	38	75.33

Del	Al	Mt.	Del	Al	Mt.	Del	Al	Mt.
43	44	212.93	44	45	98.64	38	39	64.9
44	45	61	45	46	131.65	39	40	25
45	33	277.31	46	47	197.49	41	37	62
			47	48	363.28	42	38	67
			48	49	84	41	42	75.4
			49	50	158.08	42	43	74.77
			50	51	250.81	43	44	132.09
			51	52	223.32	44	45	79.62
			52	53	129.71	45	46	211.23
			53	54	248.21	46	47	69.3
			54	55	147.33	47	49	65.77
			55	56	93.86	49	48	68.55
			56	42	205.89	48	50	137.24
			56	59	145.88	50	51	158.97
			59	57	66	50	52	68.23
			59	58	105.36	52	53	68.9
			59	60	146.72	53	54	72.54
			60	61	389.54	54	56	66.58
			61	62	113.97	55	56	38
			62	63	174.18	56	57	476.61
			63	64	266.54	57	58	188.44
						58	59	46
						59	60	27

Del	Al	Mt.	Del	Al	Mt.	Del	Al	Mt.
						60	36	29

Fuente: Nodos de Recorrido, propuestos con nuevo modelo

Elaboración propia

En la Tabla N° 15, se indica los nodos propuestos por el modelo, el recorrido “De” “a” y la distancia de nodo a nodo.

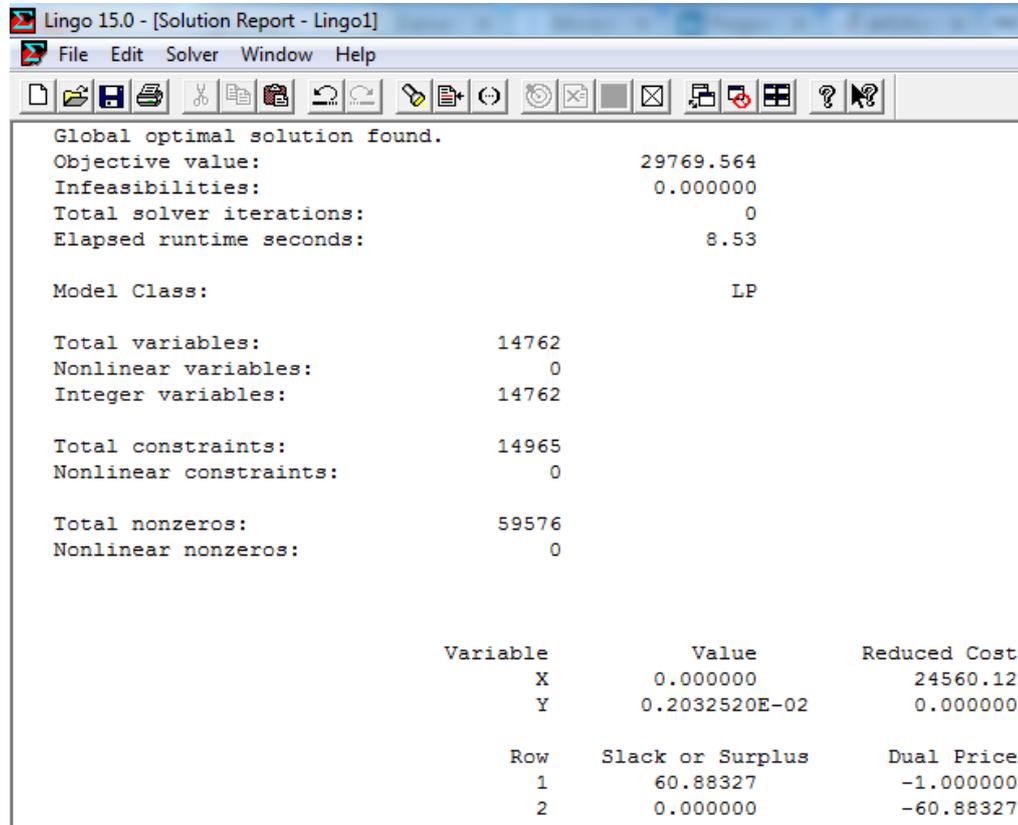
Luego de ejecutar en LINGO los archivos, para cada mapa se descubre arcos sugeridos a recorrer. Con respecto a los resultados, se halló que los arcos que tienen valor 0, indican que no es necesario pasar por esos arcos y los que tienen 1 significan que son arcos por los que sí tiene que pasar el modelo. También existen datos cuyo valor está entre 0 y 1.

Estos casos se tomaron como parte de la solución de la optimización, debido a que tienen un valor mínimo, lo que implica la necesidad de ser usados como parte de la solución objetivo para el funcionamiento correcto del sistema.

Como propuesta, se definieron rutas empíricas a partir de la solución del modelo, con la condición de que recorran la mayoría de arcos de la solución propuesta. Esta definición se basa en principalmente en:

- Utilizar la solución en LINGO como la base para definir los caminos más cortos. Entre dos rutas, siempre se podrá tomar como preferente el camino obtenido en LINGO por ser este el modelo que define los caminos más cortos.
- Debido a que esta solución en LINGO es parcial y no brinda un camino definido, como segunda prioridad será el de utilizar la experiencia de los choferes de rutas para definir el camino más apropiado para seguir, tomando en cuenta el recorrido y sentido vial del tránsito.
- Como tercera opción es el que los inicios y finales de ruta sean en calles principales. Esto debido a que brindará menor dificultad para repetir caminos recorridos y para regresar al lugar de inicio del recorrido.
- La ejecución del programa LINGO nos muestra como resultado

FIGURA N° 22 – EJECUCION PROGRAMA LINGO



En las Figuras N° 23 y 25 se puede apreciar las rutas anteriores.

Y en las Figuras N° 24 y 26 se muestra las rutas nuevas propuestas.

TABLA N° 16. NODOS DE RECORRIDO RUTA 1 ANTIGUA

Nodos Del ... al	Distancia en ml.	COORDENADAS UTM	
		Este	Norte
1 al 2	62	825701.33	9156979.54
2 al 3	170	825663.55	9156930.94
3 al 4	120.99	825665.9	9156761
4 al 5	87.27	825675.02	9156640.35
5 al 6	136.09	825704.06	9156558.06
6 al 7	73	825578.12	9156506.51
7 al 8	59	825605.58	9156438.91
7 al 9	61	825605.58	9156438.91
9 al 10	33	825629.68	9156382.77
9 al 11	64	825629.68	9156382.77
11 al 12	64	825692.1	9156399
5 al 13	207.93	825704.06	9156558.06
13 al 12	63	825773.04	9156361.91
12 al 14	65	825714.65	9156338.98
14 al 15	70	825654.45	9156314.99
15 al 16	67	825588.6	9156290.56
16 al 17	69	825560.81	9156351.76
17 al 20	70	825496.46	9156326.35
17 al 18	55	825496.46	9156326.35
20 al 19	43	825517.7	9156259.96
20 al 15	77	825517.7	9156259.96
15 al 23	141.19	825588.6	9156290.56
14 al 22	137.72	825654.45	9156314.99
21 al 22	67	825761.9	9156213.23
22 al 23	70.78	825761.9	9156185.56
23 al 24	63	825635.57	9156157.41
24 al 25	74	825576	9156134.9
25 al 26	264.16	825547.47	9156203.25
26 al 27	107.32	825303.16	9156102.78
26 al 29	141.33	825303.16	9156102.78
29 al 28	166.21	825342.14	9155966.93
29 al 30	278.65	825342.14	9155966.93
30 al 24	66	825599.7	9156073.26
30 al 31	97	825599.7	9156073.26
30 al 33	70	825599.7	9156073.26
33 al 32	160.15	825624.66	9156008.23
33 al 34	136.38	825751.71	9156057.83
34 al 35	69	825727.97	9156123.09

Nodos Del ... al	Distancia en ml.	COORDENADAS UTM	
		Este	Norte
35 al 36	61.8	825785	9156146.9
36 al 51	279.63	825785	9156146.9
51 al 37	69	825891	9155888
37 al 38	71.24	825917.38	9155823.97
37 al 40	70	825917.38	9155823.97
40 al 39	58	825851.28	9155800.82
40 al 41	140.47	825851.28	9155800.82
41 al 42	72	825798.5	9155931
42 al 43	68	825772.29	9155998.3
43 al 44	212.93	825709.6	9155971.77
44 al 45	61	825781.11	9155771.2
45 al 48	137.69	825724.06	9155749.35
48 al 33	139.62	825674.71	9155877.89
45 al 56	107.45	825724.06	9155749.35
45 al 46	174.12	825724.06	9155749.35
48 al 47	163.11	825674.71	9155877.89
39 al 56	88.83	825873	9155747
56 al 49	56	825904	9155663.93
56 al 55	94.15	825904	9155663.93
51 al 52	68.2	825891	9155888
52 al 54	66.9	825953.93	9155914.61
52 al 53	140.19	825953.93	9155914.61
53 al 57	206.46	826010.9	9155786.51
4 al 57	97.54	825675.02	9156640.35
57 al 6	100.82	825583.29	9156607.2
57 al 58	129.43	825583.29	9156607.2
58 al 59	93.15	825461	9156564.78
59 al 61	137.76	825494.84	9156478
61 al 62	98.43	825364.07	9156434.89
61 al 63	178.45	825364.07	9156434.89
61 al 60	98.43	825364.07	9156434.89
60 al 64	175.09	825397.12	9156342.2
3 al 2	150	825665.9	9156761

TABLA N° 17. CONSOLIDADO DE RECORRIDO EN KM, COMBUSTIBLE Y VALOR EN S/. DE LA RUTA 1 ANTIGUA.

CONSOLIDADO - Ruta 01 ANTIGUA	
RECORRIDO KM	27 428
COMBUSTIBLE	2 665
VALOR	29 305

En la **Figura N° 23**, se especifica los recorridos realizados por la Compactadora en la Ruta denominada N° 1, dicha ruta está especificada por nodos enumerados y conectados entre sí, según la continuación o recorrido que realiza el vehículo compactador.

La **Tabla N° 16**, muestra todos los nodos de éste recorrido, tomados desde el nodo de inicio al nodo de enlace, dichos nodos cuentan con sus coordenadas UTM.

La **Tabla N° 17**, Se muestra además el consolidado de La Ruta N° 1 Antigua, en la que se tiene un recorrido de 27 428 km aproximadamente, consumiendo 2 665 galones de combustible en su recorrido, haciendo un valor en moneda nacional de 29 305.

FIGURA N° 24. – RUTA 1 PROPUESTA

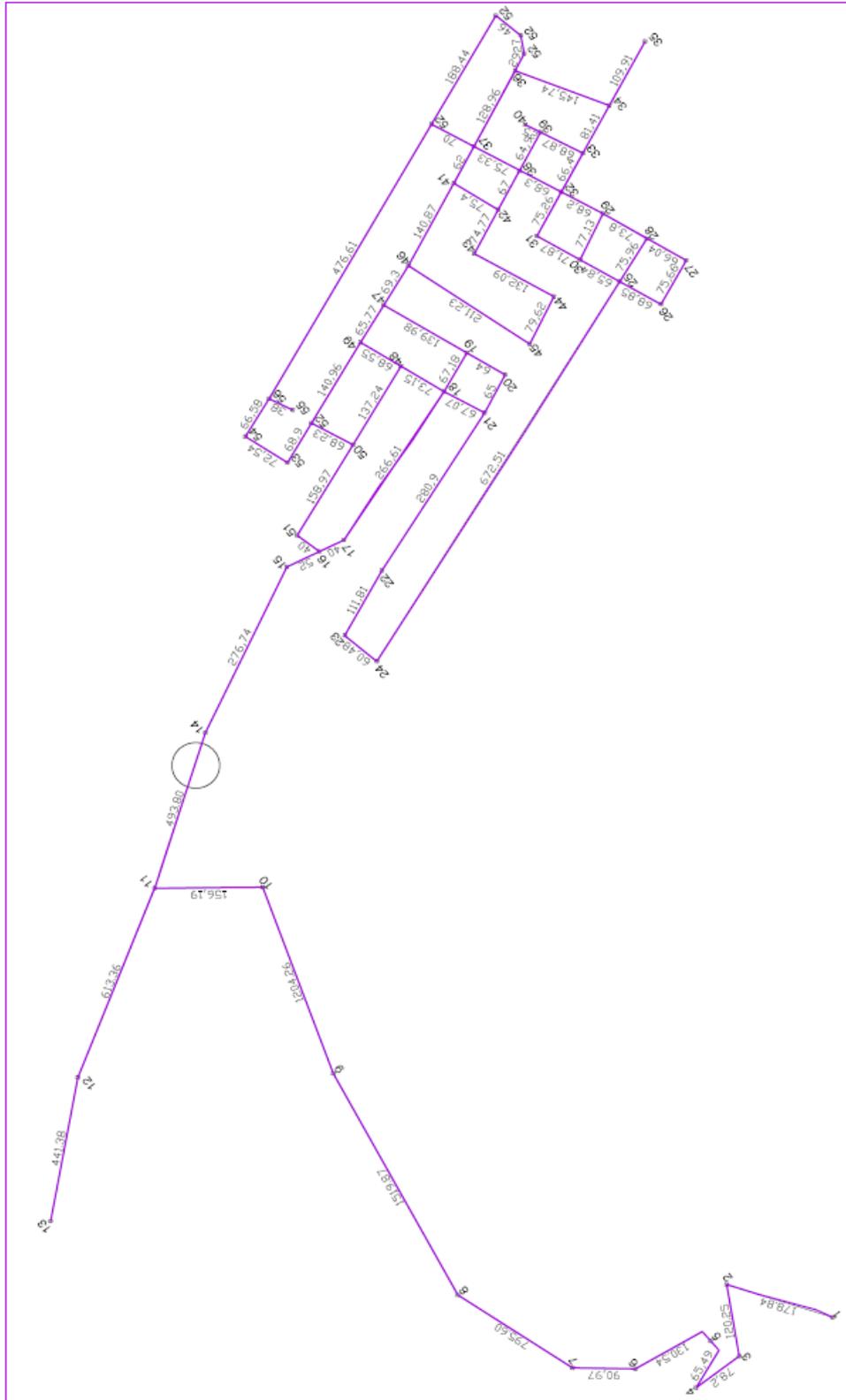


TABLA N° 18. NODOS DE RECORRIDO RUTA 1 PROPUESTA

Nodos Del ... Al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM	
		Este	Norte
1 al 2	62	825701.33	9156979.54
2 al 3	170	825663.55	9156930.94
3 al 4	120.99	825665.9	9156761
4 al 5	87.27	825675.02	9156640.35
5 al 6	136.09	825704.06	9156558.06
6 al 7	73	825578.12	9156506.51
7 al 8	59	825605.58	9156438.91
7 al 9	61	825605.58	9156438.91
9 al 10	33	825629.68	9156382.77
9 al 11	64	825629.68	9156382.77
11 al 12	64	825692.1	9156399
5 al 13	207.93	825704.06	9156558.06
13 al 12	63	825773.04	9156361.91
12 al 14	65	825714.65	9156338.98
14 al 15	70	825654.45	9156314.99
15 al 16	67	825588.6	9156290.56
16 al 17	69	825560.81	9156351.76
17 al 20	70	825496.46	9156326.35
17 al 18	55	825496.46	9156326.35
20 al 19	43	825517.7	9156259.96
20 al 15	77	825517.7	9156259.96
15 al 23	141.19	825588.6	9156290.56
14 al 22	137.72	825654.45	9156314.99
21 al 22	67	825761.9	9156213.23
22 al 23	70.78	825761.9	9156185.56
23 al 24	63	825635.57	9156157.41
24 al 25	74	825576	9156134.9
25 al 26	264.16	825547.47	9156203.25
26 al 27	107.32	825303.16	9156102.78
26 al 29	141.33	825303.16	9156102.78
29 al 28	166.21	825342.14	9155966.93
29 al 30	278.65	825342.14	9155966.93
30 al 24	66	825599.7	9156073.26
30 al 31	97	825599.7	9156073.26
30 al 33	70	825599.7	9156073.26
33 al 32	160.15	825624.66	9156008.23
33 al 34	136.38	825751.71	9156057.83
34 al 35	69	825727.97	9156123.09

Nodos Del ... Al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM	
		Este	Norte
35 al 36	61.8	825785	9156146.9
36 al 51	279.63	825785	9156146.9
51 al 37	69	825891	9155888
37 al 38	71.24	825917.38	9155823.97
37 al 40	70	825917.38	9155823.97
40 al 39	58	825851.28	9155800.82
40 al 41	140.47	825851.28	9155800.82
41 al 42	72	825798.5	9155931
42 al 43	68	825772.29	9155998.3
43 al 44	212.93	825709.6	9155971.77
44 al 45	61	825781.11	9155771.2
45 al 48	137.69	825724.06	9155749.35
48 al 33	139.62	825674.71	9155877.89

TABLA N° 19. CONSOLIDADO DE KM, COMBUSTIBLE Y VALOR EN S/ DE PROPUESTA NUEVA RUTA 1.

CONSOLIDADO PROPUESTA DE NUEVA RUTA 1	
RECORRIDO KM	26 265
COMBUSTIBLE	2 551
VALOR	28 063

En la **Figura N° 24**, se especifica los NUEVOS recorridos realizados por la Compactadora en la Ruta propuesta denominada N° 1, dicha ruta está especificada por nodos enumerados y conectados entre sí, según la continuación o recorrido que realiza el vehículo compactador.

La **Tabla N° 18**, muestra todos los nodos de éste nuevo recorrido propuesto, tomados desde el nodo de inicio al nodo de enlace, dichos nodos cuentan con sus coordenadas UTM.

La **Tabla N° 19**, Se muestra además el consolidado de La Nueva Ruta Propuesta N° 1, en la que se tiene un recorrido de 26 265 km aproximadamente, consumiendo un total aproximado de 2 551 galones de combustible en su recorrido, haciendo un valor en moneda nacional de 28 063.

Se Obtiene un ahorro de S/ 1242.

FIGURA N° 25. – RUTA 2 ANTIGUA



TABLA N° 20. NODOS DE RECORRIDO RUTA 2 ANTIGUA

RUTA ANTIGUA N° 2 (cuenta con 2 ramificaciones)							
Nodos Del ... al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM		Nodos Del ... al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM	
		Este	Norte			Este	Norte
1 al 88	61	825701.33	9156979.54	1 al 2	178.84	824540.64	9156644.28
88 al 2	81	825734.35	9156928.13	2 al 3	120.25	824673.82	9156734.22
2 al 3	92	825778.1	9156860	3 al 4	78.2	824577.55	9156786.7
3 al 81	127.34	825866.9	9156883	4 al 5	65.49	824578.17	9156864.9
81 al 78	190.18	825913.81	9156764.61	5 al 6	130.54	824621.03	9156804.97
78 al 4	66	825983.87	9156587.8	6 al 7	90.97	824654.73	9156916.35
4 al 5	68	826008	9156526.9	7 al 8	795.6	824711.73	9156987.25
5 al 6	127.85	826072	9156549	8 al 9	1519.87	824900.48	9157049.98
6 al 7	71.35	826112.9	9156427.9	9 al 10	1204.26	825274.98	9156985.78
7 al 8	67	826181	9156448.96	13 al 12	441.38	825350.4	9157445
8 al 9	63	826204.84	9156386.12	12 al 11	613.36	825497.37	9157280.37
9 al 10	49	826229.93	9156327.96	10 al 11	156.19	825559.51	9156893
9 al 11	72	826229.93	9156327.96	11 al 14	493.8	825654.49	9157017
11 al 12	70	826297.59	9156351.72	14 al 15	276.74	825856.9	9156691
12 al 13	69.6	826264.12	9156413.23	15 al 16	52	825856.9	9156691
12 al 8	65	826264.12	9156413.23	16 al 17	40	825846.22	9156639.87
7 al 14	72	826181	9156448.96	17 al 18	266.61	825838.1	9156600.96
14 al 16	129.77	826155.5	9156516.5	18 al 19	67.18	825925.73	9156349.18
16 al 15	75.53	826275.2	9156566.6	19 al 20	64	825951.49	9156587.14
16 al 17	44	826275.2	9156566.6	20 al 21	65	825891.42	9156264.13
16 al 18	65	826275.2	9156566.6	21 al 18	67.07	825864.17	9156322.57
18 al 19	116.31	826250.05	9156626.21	21 al 22	280.9	825864.17	9156322.57
19 al 20	143.4	826361.1	9156661	22 al 23	111.81	825768	9156586.25
19 al 21	131.28	826361.1	9156661	23 al 24	60.48	825723.7	9156689.11
21 al 22	141.44	826371	9156530.1	24 al 25	672.51	825664.54	9156676.3
22 al 23	41	826420	9156397	25 al 26	68.85	825900.67	9156046.84
23 al 24	59	826387	9156373.16	26 al 27	75.66	825836.9	9156020.74
24 al 25	152	826414	9156320.9	27 al 28	66.04	825866.36	9155951.36
25 al 26	57	826554.09	9156380.04	28 al 25	75.96	825927.67	9155975.91
26 al 27	161.62	826576.12	9156327.43	28 al 29	73.8	825927.67	9155975.91
27 al 74	63	826427.9	9156263	29 al 32	68.2	825996.49	9156002.84
74 al 29	78.53	826450.49	9156203.94	25 al 30	65.84	825900.67	9156046.84
29 al 28	152.73	826478.4	9156130.57	30 al 31	71.87	825961.59	9156071.62
29 al 30	180.97	826478.4	9156130.57	31 al 32	75.26	826028.42	9156098.74
29 al 32	69.1	826478.4	9156130.57	32 al 33	66.4	826058.95	9156030.07
32 al 31	176.5	826505.59	9156067	33 al 34	81.41	826086.1	9155969.36

RUTA ANTIGUA N° 2 (cuenta con 2 ramificaciones)							
Nodos Del ... al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM		Nodos Del ... al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM	
		Este	Norte			Este	Norte
32 al 33	83.66	826505.59	9156067	34 al 35	109.91	826119.09	9155894.94
33 al 34	201.95	826427.96	9156036	34 al 36	145.74	826119.09	9155894.94
33 al 35	67.4	826427.96	9156036	33 al 39	68.87	826148.68	9155998.16
35 al 36	117.82	826365.74	9156009.94	39 al 40	25	826171.26	9156008.48
36 al 37	63.3	826413	9155902	39 al 38	64.9	826121.92	9156057.29
37 al 38	124.34	826358.11	9155870.74	32 al 38	68.3	826058.95	9156030.07
38 al 65	64	826296.91	9155978.97	38 al 37	75.33	826121.71	9156057.26
65 al 66	133.03	826236.47	9155957.22	37 al 36	128.96	826190.81	9156087.19
66 al 39	80.02	826111.29	9155912.19	36 al 58	29	826244.14	9155969.78
37 al 40	126.18	826358.11	9155870.74	58 al 59	27	826256.66	9155943.48
40 al 41	139.37	826419.79	9155760.66	59 al 60	46	826281.33	9155930.63
40 al 42	195.23	826419.79	9155760.66	60 al 57	188.44	826327	9155940.47
42 al 43	106.95	826454.89	9155568.6	57 al 37	70	826255.16	9156114.57
43 al 44	242.4	826462	9155461.9	37 al 41	62	826190.81	9156087.19
44 al 45	98.64	826476	9155219.9	41 al 42	75.4	826164.96	9156144.11
45 al 46	131.65	826425.95	9155134.9	42 al 43	74.77	826094.02	9156118.42
46 al 47	197.49	826412	9155004	43 al 44	132.09	826063.07	9156186.47
47 al 48	363.28	826486	9154820.9	44 al 45	79.62	825941.08	9156135.81
48 al 49	84	826661.23	9154502.68	45 al 46	211.23	825906.21	9156207.39
49 al 50	158.08	826578.12	9154517	46 al 41	140.87	826107.14	9156272.57
50 al 51	250.81	826454	9154614.9	46 al 47	69.3	826107.14	9156272.57
51 al 52	223.32	826281	9154796.5	47 al 19	139.98	826082.2	9156337.23
52 al 53	129.71	826155	9154980.9	47 al 49	65.77	826082.2	9156337.23
53 al 54	248.21	826108	9155101.79	49 al 48	68.55	826058.84	9156398.72
54 al 55	147.33	826187	9155337.1	48 al 18	73.15	825994.29	9156374.69
55 al 56	93.86	826254	9155468.27	48 al 50	137.24	825994.29	9156374.69
56 al 42	205.89	826249.11	9155562	50 al 52	68.23	825943.45	9156502.16
56 al 59	145.88	826249.11	9155562	52 al 49	140.96	826006.01	9156529.53
59 al 57	66	826106.15	9155532.96	50 al 51	158.97	825943.45	9156502.16
59 al 58	105.36	826106.15	9155532.96	51 al 16	40	825885.09	9156650.04
59 al 60	146.72	826106.15	9155532.96	52 al 53	68.9	826006.01	9156529.53
60 al 61	389.54	826134	9155388.9	53 al 54	72.54	825980.41	9156593.37
61 al 62	113.97	825951.3	9155044.87	54 al 56	66.58	826048.96	9156617.09
62 al 63	174.18	825853.72	9154985.9	56 al 55	38	826072.91	9156554.97
63 al 63	266.54	825909.94	9154821.02	56 al 57	476.61	826072.91	9156554.97
66 al 67	78	826111.29	9155912.19	35 al 61	106.72	826163.63	9155794.45
67 al 70	82.44	826142	9155840.98	8 al 62	255.09	824900.48	9157049.98

RUTA ANTIGUA N° 2 (cuenta con 2 ramificaciones)							
Nodos Del ... al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM		Nodos Del ... al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM	
		Este	Norte			Este	Norte
70 al 72	87.42	826175.21	9155765.4	62 al 63	321.22	825029	9157270.33
72 al 56	129.2	826210.1	9155686.25	63 al 13	110.94	825253.88	9157499.7
70 al 71	139.05	826175.21	9155765.4	12 al 9	369.11	825497.37	9157280.37
71 al 73	105.01	826296	9155834.25				
71 al 68	67	826296	9155834.25				
68 al 69	47	826264.89	9155893				
68 al 67	133.2	826264.89	9155893				
68 al 65	70	826264.89	9155893				
74 al 75	87.54	826450.49	9156203.94				
75 al 76	64.5	826373.67	9156161.85				
75 al 77	141.79	826373.67	9156161.85				
31 al 90	132.43	826669.5	9156132.5				
30 al 89	240.14	826646	9156198.9				
7 al 15	132.5	826181	9156448.96				
78 al 79	138.36	825983.87	9156587.8				
79 al 80	68	826114.08	9156634.57				
81 al 82	110.43	825913.81	9156764.6				
82 al 83	102.73	826020.49	9156793.12				
3 al 85	94.3	825866.9	9156883				
85 al 84	94.15	825951.6	9156924.45				
85 al 86	178.26	825951.6	9156924.45				
3 al 87	93	825866.9	9156883				
87 al 88	104	825830.65	9156968.51				

TABLA N° 21. CONSOLIDADO DE KM, COMBUSTIBLE Y VALOR EN S/ RUTA 2 ANTIGUA

CONSOLIDADO RUTA 02 Antigua	
RECORRIDO KM	38 436
COMBUSTIBLE	3 734
VALOR	41 067

En la Figura N° 25, se especifica los recorridos realizados por la Compactadora en la Ruta denominada N° 2 antigua, dicha ruta está especificada por nodos enumerados y conectados entre sí, según la continuación o recorrido que realiza el vehículo compactador.

La Tabla N° 20, muestra todos los nodos de éste recorrido, tomados desde el nodo de inicio al nodo de enlace, dichos nodos cuentan con sus coordenadas UTM.

La Tabla N° 21, Se muestra además el consolidado de La Ruta N° 2 Antigua, en la que se tiene un recorrido total de 38 436 km aproximadamente, consumiendo un total aproximado de 3 734 galones de combustible en su recorrido, haciendo un valor en moneda nacional de 41 067.

FIGURA N° 26. – RUTA 2 PROPUESTA

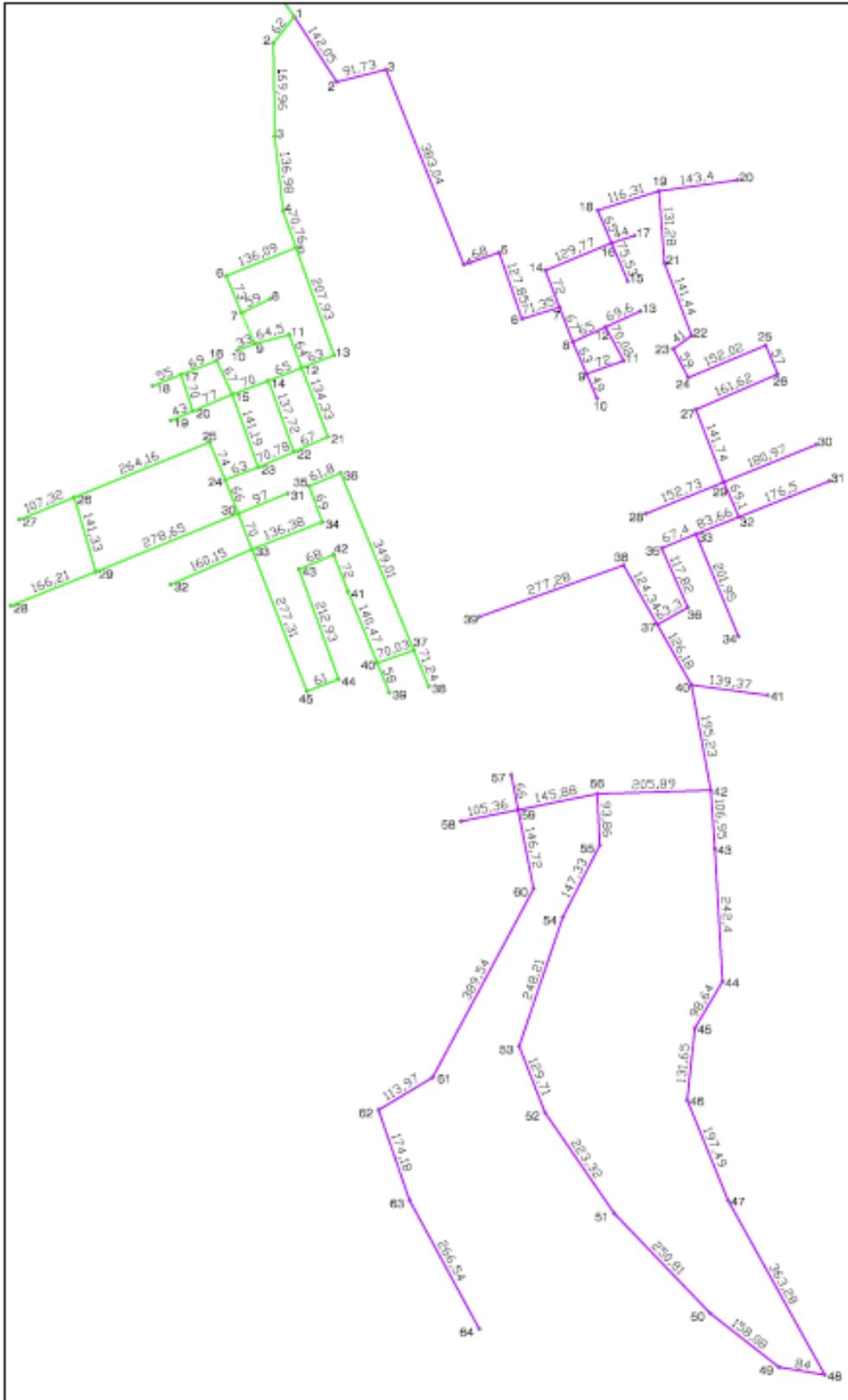


TABLA N° 22. NODOS DE RECORRIDO RUTA 2 PROPUESTA

RUTA PROPUESTA N° 2 (cuenta con 2 ramificaciones)							
Nodos Del . al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM		Nodos Del . al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM	
		Este	Norte			Este	Norte
1 al 88	61	825701.33	9156979.54	1 al 2	178.84	824540.64	9156644.28
88 al 2	81	825734.35	9156928.13	2 al 3	120.25	824673.82	9156734.22
2 al 3	92	825778.1	9156860	3 al 4	78.2	824577.55	9156786.7
3 al 81	127.34	825866.9	9156883	4 al 5	65.49	824578.17	9156864.9
81 al 78	190.18	825913.81	9156764.61	5 al 6	130.54	824621.03	9156804.97
78 al 4	66	825983.87	9156587.8	6 al 7	90.97	824654.73	9156916.35
4 al 5	68	826008	9156526.9	7 al 8	795.6	824711.73	9156987.25
5 al 6	127.85	826072	9156549	8 al 9	1519.87	824900.48	9157049.98
6 al 7	71.35	826112.9	9156427.9	9 al 10	1204.26	825274.98	9156985.78
7 al 8	67	826181	9156448.96	13 al 12	441.38	825350.4	9157445
8 al 9	63	826204.84	9156386.12	12 al 11	613.36	825497.37	9157280.37
9 al 10	49	826229.93	9156327.96	10 al 11	156.19	825559.51	9156893
9 al 11	72	826229.93	9156327.96	11 al 14	493.8	825654.49	9157017
11 al 12	70	826297.59	9156351.72	14 al 15	276.74	825856.9	9156691
12 al 13	69.6	826264.12	9156413.23	15 al 16	52	825856.9	9156691
12 al 8	65	826264.12	9156413.23	16 al 17	40	825846.22	9156639.87
7 al 14	72	826181	9156448.96	17 al 18	266.61	825838.1	9156600.96
14 al 16	129.77	826155.5	9156516.5	18 al 19	67.18	825925.73	9156349.18
16 al 15	75.53	826275.2	9156566.6	19 al 20	64	825951.49	9156587.14
16 al 17	44	826275.2	9156566.6	20 al 21	65	825891.42	9156264.13
16 al 18	65	826275.2	9156566.6	21 al 18	67.07	825864.17	9156322.57
18 al 19	116.31	826250.05	9156626.21	21 al 22	280.9	825864.17	9156322.57
19 al 20	143.4	826361.1	9156661	22 al 23	111.81	825768	9156586.25
19 al 21	131.28	826361.1	9156661	23 al 24	60.48	825723.7	9156689.11
21 al 22	141.44	826371	9156530.1	24 al 25	672.51	825664.54	9156676.3
22 al 23	41	826420	9156397	25 al 26	68.85	825900.67	9156046.84
23 al 24	59	826387	9156373.16	26 al 27	75.66	825836.9	9156020.74
24 al 25	152	826414	9156320.9	27 al 28	66.04	825866.36	9155951.36
25 al 26	57	826554.09	9156380.04	28 al 25	75.96	825927.67	9155975.91
26 al 27	161.62	826576.12	9156327.43	28 al 29	73.8	825927.67	9155975.91
27 al 74	63	826427.9	9156263	29 al 32	68.2	825996.49	9156002.84
74 al 29	78.53	826450.49	9156203.94	25 al 30	65.84	825900.67	9156046.84
29 al 28	152.73	826478.4	9156130.57	30 al 31	71.87	825961.59	9156071.62
29 al 30	180.97	826478.4	9156130.57	31 al 32	75.26	826028.42	9156098.74
29 al 32	69.1	826478.4	9156130.57	32 al 33	66.4	826058.95	9156030.07

RUTA PROPUESTA N° 2 (cuenta con 2 ramificaciones)							
Nodos Del . al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM		Nodos Del . al	Distancia ml.	COORDENADAS UTM	
		Este	Norte			Este	Norte
32 al 31	176.5	826505.59	9156067	33 al 34	81.41	826086.1	9155969.36
32 al 33	83.66	826505.59	9156067	34 al 35	109.91	826119.09	9155894.94
33 al 34	201.95	826427.96	9156036	34 al 36	145.74	826119.09	9155894.94
33 al 35	67.4	826427.96	9156036	33 al 39	68.87	826148.68	9155998.16
35 al 36	117.82	826365.74	9156009.94	39 al 40	25	826171.26	9156008.48
36 al 37	63.3	826413	9155902	39 al 38	64.9	826121.92	9156057.29
37 al 38	124.34	826358.11	9155870.74	32 al 38	68.3	826058.95	9156030.07
38 al 65	64	826296.91	9155978.97	38 al 37	75.33	826121.71	9156057.26
65 al 66	133.03	826236.47	9155957.22	37 al 36	128.96	826190.81	9156087.19
66 al 39	80.02	826111.29	9155912.19	36 al 58	29	826244.14	9155969.78
37 al 40	126.18	826358.11	9155870.74	58 al 59	27	826256.66	9155943.48
40 al 41	139.37	826419.79	9155760.66	59 al 60	46	826281.33	9155930.63
40 al 42	195.23	826419.79	9155760.66	60 al 57	188.44	826327	9155940.47
42 al 43	106.95	826454.89	9155568.6	57 al 37	70	826255.16	9156114.57
43 al 44	242.4	826462	9155461.9	37 al 41	62	826190.81	9156087.19
44 al 45	98.64	826476	9155219.9	41 al 42	75.4	826164.96	9156144.11
45 al 46	131.65	826425.95	9155134.9	42 al 43	74.77	826094.02	9156118.42
46 al 47	197.49	826412	9155004	43 al 44	132.09	826063.07	9156186.47
47 al 48	363.28	826486	9154820.9	44 al 45	79.62	825941.08	9156135.81
48 al 49	84	826661.23	9154502.68	45 al 46	211.23	825906.21	9156207.39
49 al 50	158.08	826578.12	9154517	46 al 41	140.87	826107.14	9156272.57
50 al 51	250.81	826454	9154614.9	46 al 47	69.3	826107.14	9156272.57
51 al 52	223.32	826281	9154796.5	47 al 19	139.98	826082.2	9156337.23
52 al 53	129.71	826155	9154980.9	47 al 49	65.77	826082.2	9156337.23
53 al 54	248.21	826108	9155101.79	49 al 48	68.55	826058.84	9156398.72
54 al 55	147.33	826187	9155337.1	48 al 18	73.15	825994.29	9156374.69
55 al 56	93.86	826254	9155468.27	48 al 50	137.24	825994.29	9156374.69
56 al 42	205.89	826249.11	9155562	50 al 52	68.23	825943.45	9156502.16
56 al 59	145.88	826249.11	9155562	52 al 49	140.96	826006.01	9156529.53
59 al 57	66	826106.15	9155532.96	50 al 51	158.97	825943.45	9156502.16
59 al 58	105.36	826106.15	9155532.96	51 al 16	40	825885.09	9156650.04
59 al 60	146.72	826106.15	9155532.96	52 al 53	68.9	826006.01	9156529.53
60 al 61	389.54	826134	9155388.9	53 al 54	72.54	825980.41	9156593.37
61 al 62	113.97	825951.3	9155044.87	54 al 56	66.58	826048.96	9156617.09
62 al 63	174.18	825853.72	9154985.9	56 al 55	38	826072.91	9156554.97
63 al 63	266.54	825909.94	9154821.02	56 al 57	476.61	826072.91	9156554.97

TABLA N° 23. CONSOLIDADO DE KM, COMBUSTIBLE Y VALOR EN S/ DE LA RUTA 2 PROPUESTA.

PROPUESTA DE NUEVA RUTA 02	
RECORRIDO KM	33 274
COMBUSTIBLE	3 232
VALOR	35 551

En la **Figura N° 26**, se especifica los NUEVOS recorridos realizados por la Compactadora en la Ruta propuesta denominada N° 2, dicha ruta está especificada por nodos enumerados y conectados entre sí, según la continuación o recorrido que realiza el vehículo compactador.

La **Tabla N° 22**, muestra todos los nodos de éste nuevo recorrido propuesto, tomados desde el nodo de inicio al nodo de enlace, dichos nodos cuentan con sus coordenadas UTM.

La **Tabla N° 23**, Se muestra además el consolidado de La Nueva Ruta Propuesta N° 2, en la que se tiene un recorrido de 33 274 km aproximadamente, consumiendo un total aproximado de 3 232 galones de combustible en su recorrido, haciendo un valor en moneda nacional de 35 551.

Se Obtiene un ahorro de S/ 5 516.

TABLA N° 24. Cuadro Comparativo - Antiguas y Nuevas Rutas

CUADRO COMPARATIVO – ANTIGUAS Y NUEVAS RUTAS			
CONCEPTO	RUTA ANTIGUAS	PROPUESTA DE RUTAS	AHORRO
RECORRIDO KM	65 864	59 539	6 325
COMBUSTIBLE GL	6 399	5 783	616
VALOR S/	70 372	63 614	6 758

En la **Tabla N° 24** se muestra el consolidado de los recorridos en Kilómetros, el combustible en galones, y el valor en moneda nacional, mostrando el ahorro correspondiente.

6.6.3. Modelo de Mejora de Rutas.-

La aplicación de éste Método de Mejora de Rutas, se considera por motivos determinísticos.

Método del Agente Viajero TSP.

Este modelo genera rutas óptimas y, según la fórmula de la sectorización cada Camión Compactador deberá de recorrer por día, dos rutas, el número de rutas existentes será igual al doble de número de camiones disponibles.

La fórmula objetivo necesita multiplicar las veces que se utiliza cada arco por constante asociada al costo del arco. Esta constante se define en base al tipo de recorrido del vehículo.

Este es la velocidad baja y constante, por tal motivo, tomando en cuenta las características de un vehículo común, el gasto en combustible y por ende los costos asociados dependerán directamente de la distancia recorrida. La distancia recorrida será la constante asociada.

El cruce por las esquinas del mapa será obligatorio, lo cual permitirá recoger la mayoría de la basura dentro de su recorrido y le permite tener la visibilidad del recojo en todas las calles, pues se podrá visualizar desde las esquinas si la basura de las calles ha sido recogida.

En las nuevas rutas propuestas, se ha determinado cada arco como una variable, compuesta de dos nodos, que son las esquinas de las calles.

A partir de esta información, se realizó una función objetivo que minimice la distancia total recorrida.

El Objetivo primordial del camión Compactador de basura, tiene que dejar limpia toda la ruta, sin embargo eso no necesariamente significa que el camión tiene que recorrer todas las calles.

El camión compactador pasa por la mayoría de calles pero no por todas.

A partir de esto, se define que la manera más efectiva de definir la ruta es mediante las esquinas del mapa como puntos de paso obligatorios, teniendo en cuenta que se deberán recorrer todos los puntos, para que todas las calles queden cerca de una parte de la ruta, y así se puedan aplicar las acciones necesarias para completar el recorrido, teniendo el apoyo del personal de barrido de calles.

Para este caso se aplicará las consideraciones básicas para diseñar las rutas de recolección de Residuos Sólidos, dado a que tan solo se cuenta con dos rutas específicas y ya identificadas.

Al desarrollar un proyecto para crear nuevas rutas o modificar las existentes, se debe tener presente que no existe una regla universal para mejorar la eficiencia del servicio.

Las diversas técnicas descritas en la literatura enfatizan la importancia del sentido común y la experiencia de los operadores de este sistema, tanto los choferes como el personal a cargo del barrido de calles como los que conforman parte del recorrido con los camiones compactadores.

Esta metodología considerada por (Tchobanoglous y Kreith, 2002). En la literatura se encuentra un listado de los lineamientos básicos para desarrollar una ruta (Tchobanoglous y Kreith, 2002; Sakurai, 1980; Racero y Pérez, 2006).

CAPITULO 7

RESULTADOS

CAPÍTULO 7. RESULTADOS

El Costo anual de brindar el Servicio de Recolección de los Residuos Sólidos es de S/ 188 061.97, con la implementación de las nuevas rutas y los indicadores tomados en cuenta según los Lineamientos especificados, se tiene un ahorro de S/ 6 758.

TABLA N° 25. AHORRO DE LA PROPUESTA DE RUTAS EN KM, COMBUSTIBLE Y VALOR EN S/

CONCEPTO	PROPUESTA DE RUTAS	AHORRO
RECORRIDO KM	59 539	6 325
COMBUSTIBLE GL	5 783	616
VALOR S/	63 614	6 758

El costo de Mano de Obra Directa e Indirecta, Obligaciones, Vestuario, no cambia debido a que el personal está en el horario establecido y en la cuadrilla de turno específica.

Por tanto las Obligaciones del Empleador y Vestuario es el mismo costo.

CAPITULO 8

DISCUSION

CAPÍTULO 8. DISCUSIÓN

La aplicación de la Mejora de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos, se basa especialmente en los lineamientos básicos para la creación de nuevas rutas. Esta mejora nos da un ahorro de en los costos de combustible de S/ 6 758 anuales.

La mejora de las rutas de recolección de residuos sólidos, nos permite realizar una adecuada programación de las rutas propuestas.

El gasto de mano de obra, no tiene ninguna disminución ni mejoramiento, esto debido a que con la misma cantidad de personal se realizará el recorrido de las nuevas rutas en los horarios establecidos.

CONCLUSIONES

El mejoramiento de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Cajabamba se efectúa en 02 Rutas y haciendo uso de dos Camiones Compactadoras, realizando un recorrido total aproximado de 59 539 km, obteniendo un ahorro de 6 325 km en comparación con las rutas anteriores.

Los costos de combustibles con la nueva propuesta es de un consumo aproximado de 5 783 galones para las dos compactadoras, y comparado con las rutas anteriores se tiene una ahorro de 616 galones, valorizado a la moneda nacional se tiene un ahorro de S/ 6 758.

Los costos para la mano de obra, no variado por considerar la recolección con el mismo personal y en los horarios antes indicados. El presente trabajo concluye que al no haber un modelo matemático que cumpla con el objetivo de la Mejora de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos de la Ciudad de Cajabamba, se propone el modelo empírico tomando en cuenta los lineamientos básicos de la literatura del autor (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

RECOMENDACIONES

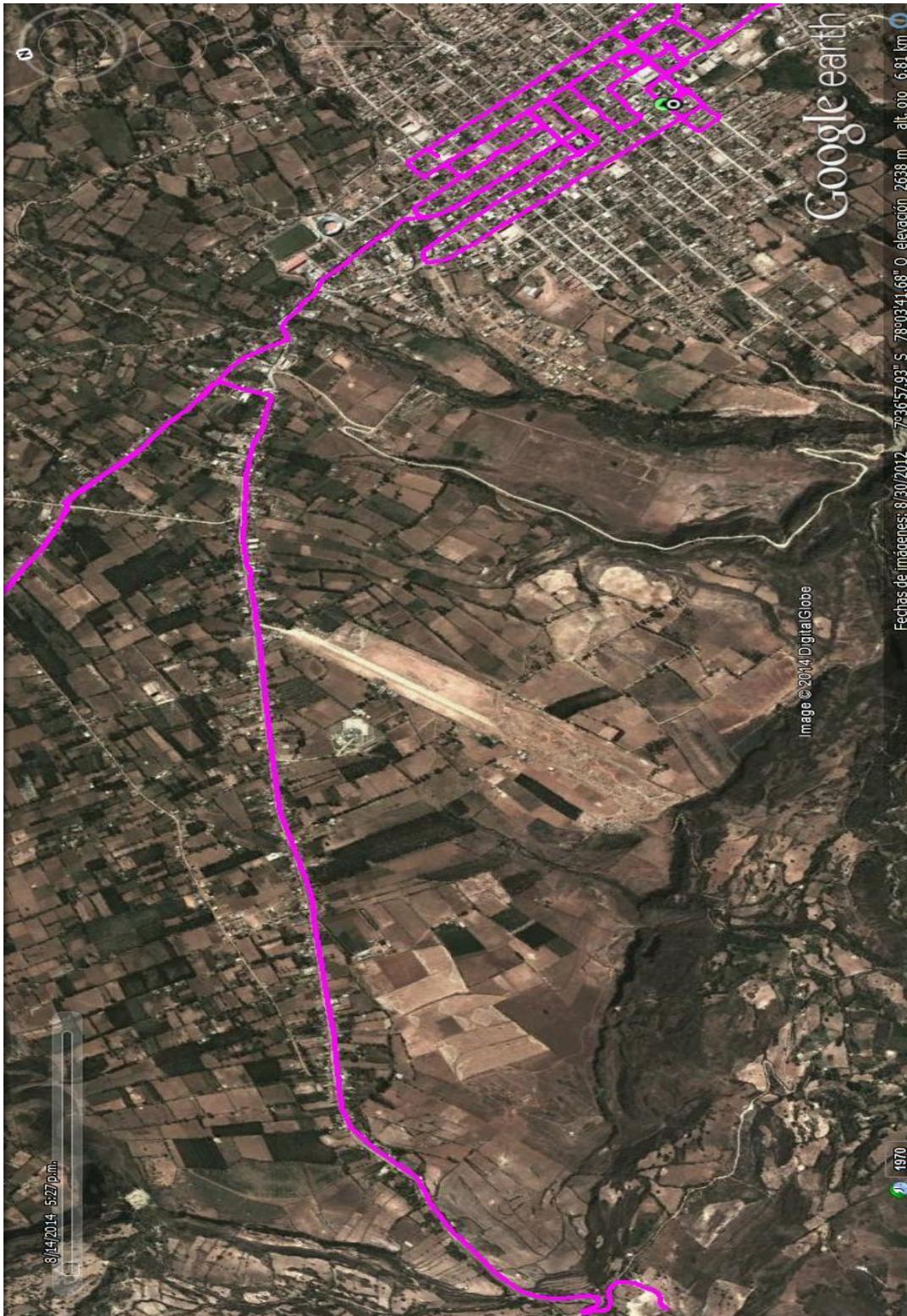
- Analizar los costos de combustible y capacidad de cada compactadora, que sirva para realizar el estudio de rutas con datos estadísticos de al menos tres meses para poder obtener datos fehacientes, que ayuden a deslindar los puntos críticos de recojo, ya sea por mal estado de las calles, contingencias de tránsito, congestionamiento de las calles, etc. Al igual que se debe tener datos estadísticos y sus costos sobre la generación de Residuos Sólidos en días festivos como por ejemplo Año Nuevo, Navidad, Fiestas Patronales, etc.
- La Mejora de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos aporta a la Institución Edilicia un ahorro considerable y el uso racional de los recursos, disminuyendo el tiempo de recorrido y los recursos humanos, pero esto deberá estar acompañado de campañas de sensibilización tanto a los trabajadores de ésta área como al público en general.
- La disminución del tiempo de recorrido trae consigo el ahorro de mano de obra, lo cual no conlleva a una sobre carga de trabajo, ejecutándolo de manera eficiente.

REFERENCIAS

1. Bonomo, F. (2009). Revista Ingeniería de Sistemas. Optimización de la Recolección de Residuos en la Zona Sur de la Ciudad de Buenos Aires.
2. Cerrón, M. Diseño de rutas óptimas de recolección de residuos Sólidos domésticos mediante el software Mars. XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
3. Hernández, D. (2012). Optimización del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos del Cantón de Motes de Oca, San José, Costa Rica. (Tesis de Grado).
4. Larumbe, F. (2009). Optimización de la Recolección de Residuos en la zona sur de la Ciudad de Buenos Aires (Tesis de Licenciatura). Universidad de Buenos Aires – Argentina.
5. Ministerio del Ambiente. Guía de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales a Nivel de Perfil. Gobierno Peruano.
6. Racero, J. – Pérez E. (2006). Optimización del Sistema de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos domiciliarios (Ecoeficiencia). (Informe X Congreso de Ingeniería de Organización). Valencia – España.
7. Taquia, J.A. (2013). Optimización de rutas en una empresa de recojo de Residuos Sólidos en el Distrito de los Olivos (Tesis de Ingeniería). Universidad Pontificia Católica del Perú.
8. Ticona, C.K. (2012). Diagnóstico del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos en la zona urbana de la ciudad de Huaraz, Provincia de Huaraz, Región Ancash (Informe de práctica pre – profesional). Universidad Agraria de la Selva. Perú.
9. Tchobanoglous y Kreith, (2002) Rutas de Recolección de Residuos Sólidos.

ANEXOS

ANEXO N° 01. Nuevo Recorrido Ruta 1 - Servicio de Recolección de Residuos Sólidos



ANEXO N° 02. Nuevo Recorrido Ruta 2 - Servicio de Recolección de Residuos Sólidos

