

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN
EL DISTRITO DE CHICLAYO PARA REDUCIR LOS
IMPACTOS AMBIENTALES**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

JHANMARCO EDINSON CORREA TINEO

Chiclayo 30 de Mayo de 2018

**“PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN
EL DISTRITO DE CHICLAYO PARA REDUCIR LOS
IMPACTOS AMBIENTALES”**

POR:

JHANMARCO EDINSON CORREA TINEO

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERO DE INDUSTRIAL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

Ing. María Luisa Espinoza García Urrutia

PRESIDENTE

Mgtr. Sonia Salazar Zegarra

SECRETARIO

Ing. Diana Peche Cieza

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía, fortaleza, y permitirme dar este paso en mi vida.

A mis padres y hermano por todo el apoyo recibido y por acompañarme en esta etapa.

A todos los que de alguna manera han contribuido y/o acompañado en mi formación profesional.

Bertha Tineo Aguilar
Marco Tulio Correa Odar

A Dios por darme la sabiduría y paciencia para el logro de una meta más en mi vida.

A mi madre por todo el apoyo recibido y por acompañarme en este camino.

A mi familia y amigos por ser incondicionales y acompañarme siempre.

A todos los que de alguna forma han contribuido a mi formación como profesional.

Especialmente a mis abuelos que me protegen desde el cielo y estoy cumpliendo uno de sus sueños.

Irayda Aguilar Rodríguez
Demóstenes Correa Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A mi alma Mater, por mi formación y por brindarme el enorme privilegio de ser universitario.

A la Dirección de Residuos Sólidos Urbano del Municipio de Chiclayo, y a la Consultora Chiclayo Limpio y en especial al Ing. David Fernández, Ing. Lucía Culqui y la Ing. Adriana Burga, son personas que me proporcionaron información y haberme permitido realizar trabajo en campo.

Agradezco también a mi asesora Ing. Diana Peche Cieza, por el tiempo dedicado al manuscrito y por sus acertados comentarios y correcciones de este trabajo.

A mi papá, mamá y hermano, porque siempre me alientan a seguir superándome.

PRESENTACIÓN

La investigación presente es realizada al Servicio de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos en el distrito de Chiclayo – Municipalidad provincial de Chiclayo, presta servicio a la población con la recolección de sus residuos de tipo domiciliarios y no domiciliarios; se ha podido determinar que el sistema de recolección actualmente recoge el 72,49% de los residuos generados/día, dejando ciertas zonas sin atender y dando pase a la creación de nuevos puntos de acumulación de residuos, no cuenta con una organización en sus procesos fundamentales, no hay un buen control de los vehículos compactadores y personal, tampoco hay un diseño de ruta para cada zona, en donde mayormente las decisiones están basadas en la experiencia, por lo que se propone identificar los procesos fundamentales que conlleven hacia la mejora de la prestación del servicio de recolección, mejorar o establecer un diseño de ruta y la propuesta de un sistema que permita controlar los puntos críticos causantes del deterioro estético de ciudad, contaminación del ambiente, entre otros factores, introduciendo las mejoras necesarias y esenciales que puedan permitir brindar un servicio de recolección de residuos sólidos con una cobertura del 100%, ya que el sistema actual del servicio de recolección tiene que optar por mecanismos que permitan mejorar este servicio y proyectarse hacia el futuro, teniendo en cuenta que cada año hay mayor crecimiento de población y esta se relaciona de manera directa en la generación de los residuos sólidos, y esto afecta de manera radical a un sistema de recolección que no está preparado.

Todos los objetivos que se proponen en esta investigación, se desarrollarán a base de metodologías adecuadas y actualizadas, que han permitido realizar el diagnóstico de la situación actual del sistema de recolección de residuos sólidos, los cuales han sido realizados mediante la observación directa, recolectando datos de pesos, tiempos, paradas de los vehículos compactadores, etc., para luego proponer soluciones adecuadas al servicio de recolección de residuos sólidos.

Por ello en esta investigación se tiene como primer apartado un marco teórico que nos ayuda a entender e introducirnos en el tema mediante herramientas y metodologías a usarse; en el siguiente apartado se tiene desarrollado un diagnóstico general de la situación actual del sistema de recolección de residuos sólidos, de donde se obtiene los problemas principales y se detalla de manera general las posibles soluciones, en el tercer apartado se tiene desarrollado todas las alternativas de solución, estas se basan en establecer e organizar los procesos fundamentales, diseño de rutas, Sistema de contenedores soterrados y por último se realiza un análisis costo – beneficio, económico y ambiental para verificar la rentabilidad que se tiene al implementar las mejoras en el sistema de recolección de residuos sólidos y el impacto ambiental que se generaría.

Se concluye que es de suma importancia que el servicio de recolección tenga procesos definidos, optar por nuevas tecnologías, y el diseño de rutas; que permitan garantizar un buen servicio de recolección de residuos y un futuro no tenga problemas con la mayor generación de residuos sólidos urbanos.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El hombre, en la mayor parte de actividades que realiza, genera residuos sólidos. Es casi inevitable generar residuos cada día, por lo que es necesario hacernos responsables de depositarlos en el lugar correcto y no dejarlos tirados en vías de lugares públicos, ocasionando serios problemas al medio ambiente y a la entidad encargada de recogerlos. Si esta entidad no toma acciones para controlar y no cuentan con un sistema recolección adecuado, como es el caso del distrito de Chiclayo que se han presenciado 39 puntos críticos, de los cuales 11 puntos presentan mayor acumulación de residuos sólidos en vías públicas, estos puntos no logran ser atendidas por el servicio de recolección y al igual que zonas sin atender.

La presente investigación tiene como objetivo general proponer la mejora del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el distrito de Chiclayo para reducir los impactos ambientales, y así dar solución a los problemas que afronta este servicio. Para ello se realizó un diagnóstico del actual sistema con el que cuenta la municipalidad distrital de Chiclayo, determinándose que la generación de residuos sólidos en la localidad es de aproximadamente 253,26 t/día, recogiendo tan solo el 72,49% dejando ciertas zonas sin atender y dando pase a la creación de nuevos puntos de acumulación de residuos, el municipio cuenta actualmente con 17 vehículos compactadores. Además se planteó el nuevo diseño de rutas de recolección para una mejor cobertura de las zonas, empleándose de la metodología del sistemas de información geográfica (SIG), utilizando el software ArcGIS, también se planteó una propuesta de contenedores soterrados para los puntos críticos.

Se logró realizar el rediseño de cada una de las rutas analizadas en tres escenarios distintos variando el horario de recolección, el método de recolección y/o el equipo empleado, logrando reducciones de hasta un 50% del tiempo original y un beneficio en el ahorro de mano de obra. El análisis costo beneficio resultó $1,09 > 1$ a modo de interpretación, podemos decir que por cada sol invertido obtenemos 0,09 soles; además de los beneficios ambientales, tiempo y reducción de distancia relacionan a emisiones de CO₂ y ahorros de consumo de combustible.

Palabras clave: Residuos Sólidos, servicio de recolección, Diseño de Rutas e impacto ambiental.

ABSTRACT AND KEY WORDS

The man, in the greater part of activities that realises, generates solid waste. Is almost unavoidable to generate waste each day, by what is necessary to do us managers to deposit them in the right place and not to leave them thrown in roads of public places, causing serious problems to the environment and to the entity commissions to collect them. If this entity does not take actions to control and do not have a system collection suitable, as it is the case of the district of Chiclayo that have witnessed 39 critical points, of which 11 points present greater accumulation of solid waste in public roads, these points do not attain to be attended by the service of collection and to the equal that zones without attending.

The present research has as general objective to propose the improvement of the system of solid urban waste collection in the district of Chiclayo to reduce the environmental impacts, and like this give solution to the problems that faces this service. For this realised a diagnostic of the current system with which explains the district municipality of Chiclayo, determining that the generation of solid waste in the place is of roughly 253,26 t/day, collecting so alone 72,49% leaving some zones without attending and giving pass to the creation of new points of accumulation of waste, the municipality explains at present with 17 compacting vehicles. Besides it posed the new design of routes of collection for a better coverage of the zones, employing of the methodology of the systems of geographic information (GIS), using the software ArcGIS, also posed a proposal of underground containers for the critical points.

It attained realise the redesign of each one of the routes analysed in three distinct stages varying the schedule of collection, the method of collection and/or the team employed, attaining reductions of until 50% of the original time and a profit in the hand-held saving of work. The analysis cost benefit resulted 1,09 >1 to way of interpretation, can say that by each sun invested obtain 0,09 suns; in addition to the environmental profits, time and reduction of distance relate to broadcasts of CO₂ and savings of consumption of fuel.

Key words: Solid waste, service of collection, Design of Routes and environmental impact.

INDICE

CARATULA	i
CARATULA CON JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
PRESENTACIÓN	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INDICE	viii
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	17
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.	17
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
2.2.1. LOS RESIDUOS SÓLIDOS	20
2.2.1.1. Los residuos sólidos urbanos (RSU)	20
2.2.2. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	21
2.2.3. GENERALIDADES DEL SISTEMA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	22
2.2.3.1. Métodos de recolección de RSU	23
2.2.3.2. Equipos de recolección y transporte	24
2.2.3.3. Frecuencia de recolección	26
2.2.3.4. Indicadores a considerar en la recolección de los residuos	27
2.2.3.5. Rutas de recolección	27
2.2.4. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	29
2.2.4.1. Problemas de Optimización	29
2.2.4.2. Programación matemática	30
2.2.4.3. Modelo de programación matemática	31
2.2.4.4. Formulación del problema de Programación Lineal	31
2.2.5. ALGORITMOS Y MODELOS MATEMÁTICOS	32
2.2.5.1. Formulación matemática	32
2.2.6. MÉTODOS HEURÍSTICOS	35
2.2.7. ArcGIS NEWWORT ANALYST	36
2.2.8. AUTOMATIC VEHICLE LOCATION (AVL)	36
2.2.9. EFECTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE	37
III. RESULTADOS	38

3.1. DIAGNÓSTICO DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL DISTRITO DE CHICLAYO.	38
3.1.1. DISTRITO DE CHICLAYO	38
3.1.1.1. Población del distrito	38
3.1.1.2. Actividad económica	39
3.1.1.3. Generación de residuos sólidos	42
3.1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN	44
3.1.2.1. Sistema de recolección	44
3.1.2.2. Recorrido de los vehículos para el recojo de basura	46
3.1.2.3. Recolección de residuos a pie de vereda	50
3.1.2.4. Tiempos de recorrido de las compactadoras	51
3.1.2.5. Carga neta de residuos sólidos recolectados por los vehículos compactadores en cada zona	55
3.1.2.6. Capacidad neta máxima permisible para los vehículos recolectores y el promedio actual de consumo de combustible	58
3.1.2.7. Kilómetros de recorrido de cada compactadora	59
3.1.2.8. Identificación de problemas en la recolección	60
3.1.3. COSTOS ACTUALES DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	62
3.1.3.1. Costos	62
3.1.4. IMPACTOS AMBIENTALES	67
3.1.4.1. Identificación y caracterización de los impactos ambientales	69
3.2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	77
3.2.1. ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS	77
3.2.1.1. Mejora para el almacenamiento selectivo intra-domiciliario:	77
3.2.1.2. Mejora para el almacenamiento Público:	78
3.2.2. MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN	89
3.2.2.1. Procedimiento para la planificación, ejecución, supervisión y control de calidad para servicio de recolección de residuos sólidos	91
3.2.2.2. Nueva estructura orgánica del sistema de recolección de residuos Sólidos	105
3.2.3. MEJORA DEL RECORRIDO DE LOS VEHÍCULOS PARA EL RECOJO DE BASURA	106
3.2.3.1. Mejora del ruteo de los vehículos	107
3.3. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO, ECONÓMICO Y AMBIENTAL	139
3.3.1. ANÁLISIS DE OPERACIÓN	139
3.3.1.1. Beneficios	139
3.3.1.2. Costos	142

3.3.1.3.	Flujo de caja económico del proyecto	146
3.3.1.4.	Costo-beneficio	148
3.3.2.	REDUCCIÓN DE IMPACTOS OCASIONADOS AL AMBIENTE POR LAS EMISIONES DE CO ₂ y CH ₄	148
3.3.2.1.	Reducción de emisiones de CO ₂ en el recorrido de las compactadoras	148
3.3.2.2.	Alternativa para reducir las emisiones de CH ₄	153
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	158
4.1.	CONCLUSIONES	158
4.2.	RECOMENDACIONES	159
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160
VI.	ANEXOS	164

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de un adecuado servicio de recolección y transporte de residuos sólidos	23
Tabla 2. Población del distrito de Chiclayo año 2005-2015	38
Tabla 3. Población proyectada hasta el año 2040	39
Tabla 4. Generación de residuos sólidos del distrito Chiclayo hasta el año 2040	42
Tabla 5: Puntos críticos de residuos sólidos existentes en el distrito de Chiclayo.	43
Tabla 6. Recorrido de los vehículos compactadores en cada zona - primer turno	47
Tabla 7. Recorrido de los vehículos compactadores en cada zona - segundo turno	48
Tabla 8. Recorrido de los vehículos compactadores en cada zona - tercer turno	49
Tabla 9. Tiempo de recorrido de los vehículos compactadores en cada zona (primer turno)	52
Tabla 10. Tiempos de recorrido de los vehículos compactadores en cada zona (segundo turno)	53
Tabla 11. Tiempo de recorrido de los vehículos compactadores en cada zona (tercer turno)	54
Tabla 12. Peso promedio de residuos sólidos recolectados en cada zona (t)	55
Tabla 13. Peso promedio de residuos sólidos recolectados en zonas repaso y apoyo (t)	56
Tabla 14. Distribución de toneladas por área por zona (ruta)	57
Tabla 15. Peso neto recolectados por día, el promedio y la cobertura	58
Tabla 16. Capacidad neta permisible para los vehículos recolectores y Consumo de combustible	59
Tabla 17. Kilómetros recorridos de cada compactadora en los 3 turnos por 8 horas de trabajo al día	60
Tabla 18. Costos de mano de obra (Diciembre 2016)	62
Tabla 19. Costo de mano de obra primer turno (Diciembre 2016)	62
Tabla 20. Costo de mano de obra segundo turno (Diciembre 2016)	63
Tabla 21. Costo de mano de obra tercer turno (Diciembre 2016)	63
Tabla 22. Costo de combustible Primer Turno (Diciembre 2016)	64
Tabla 23. Costo de combustible Segundo Turno (Diciembre 2016)	64
Tabla 24. Costo de combustible tercer Turno (Diciembre 2016)	65
Tabla 25. Costo anual de herramientas empleadas en el recojo de basura (Diciembre 2016)	65
Tabla 26. Costo de herramientas empleadas en los vehículos (Diciembre 2016)	66
Tabla 27. Costo anual de equipos de protección al personal (Diciembre 2016)	66
Tabla 28. Costo anual de mantenimiento de los vehículos compactadores (Diciembre 2016)	67
Tabla 29. Otros costos (Diciembre 2016)	67

Tabla 30. Resumen total de costo anual del servicio de recolección	67
Tabla 31. Impactos ambientales del manejo de residuos sólidos en la localidad de Chiclayo.	68
Tabla 32. Componentes Ambientales afectados	69
Tabla 33. Matriz de Identificación de impactos	71
Tabla 34. Número de interacciones de los elementos afectados	72
Tabla 35. Acciones y su número de interacciones	72
Tabla 36. Parámetros de evaluación de la Matriz de Leopold	73
Tabla 37. Matriz de valoración de Leopold	74
Tabla 38. Matriz de evaluación de los impactos ambientales	75
Tabla 39. Jerarquización de los impactos	76
Tabla 40. Resumen del impacto	76
Tabla 41. Criterio para optar por contenedores soterrados	80
Tabla 42. Ventajas de un sistema de recolección con estación de transferencia	91
Tabla 43. Procedimiento Para la ejecución, supervisión y control de calidad para el Servicio de Recolección de residuos Sólidos en el distrito e Chiclayo	99
Tabla 44. Procedimiento para el Control de Cumplimiento de Rutas a través del Rastro Satelital	103
Tabla 45. Procedimiento de Solicitud y entrega de Herramienta	104
Tabla 46. Valores asignados atributo jerarquía	113
Tabla 47. Tiempos de la ruta nueva zona 21	122
Tabla 48. Tiempos de la ruta nueva zona 4	124
Tabla 49. Tiempos de la ruta nueva zona 1	126
Tabla 50. Tiempo de la ruta nueva botadero-Av. Angamos	126
Tabla 51. Tiempos de la nueva ruta zona 21 con estación de transferencia	128
Tabla 52. Tiempos de la ruta nueva zona 1 con estación de transferencia	130
Tabla 53. Sistema de recolección para contenedores soterrados	132
Tabla 54. Tiempo de recorrido Ruta 01 compactador Grúa	132
Tabla 55. Tiempo de recorrido Ruta 02 compactador Grúa	133
Tabla 56. Tiempo de recorrido ruta 03 compactador Grúa	133
Tabla 57. Resumen y comparación de tiempos y kilómetros de recorrido (Sin Planta transferencia)	138
Tabla 58. Resumen de tiempos y kilómetros de recorrido (Con Planta Transferencia)	138
Tabla 59. Ahorro por reducción de mano de obra (turno de 8 horas)	140
Tabla 60. Ahorro por reducción de mano de obra (turno de 4 horas)	140
Tabla 61. Total de ahorro anual de una jornada laboral de 8 h y 4 h	141
Tabla 62. Ingresos por reducción de gastos de combustible en las 33 zonas	142

Tabla 63. Costo de compactador grúa	143
Tabla 64. Costo de adquisición e instalación de contenedores soterrados	143
Tabla 65. Costo de adquisición de arquetas prefabricadas	144
Tabla 66. Costo de mano de obra para la recolección de contenedores soterrados y un supervisor General sistema GPS	144
Tabla 67. Costo de equipos de protección para el personal	145
Tabla 68. Costo de consultoría	145
Tabla 69. Costo mantenimiento anual del vehículo y el costo de mantenimiento general después de 6 años de uso.	146
Tabla 70. Flujo de caja económico del proyecto	147
Tabla 71. Emisiones de CO ₂ en el recorrido actual de las compactadoras – 3 turnos	149
Tabla 72. Emisiones de CO ₂ con el nuevo recorrido propuesto	151
Tabla 73. Sector y subtemas por gases aplicables	153
Tabla 74. FCM según lugares de eliminación de residuos sólidos	155
Tabla 75. Generación de residuos sólidos Proyectada	156
Tabla 76. Caracterización de los residuos sólidos en el distrito de Chiclayo	156

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Compactadoras para servicio de recolección de residuos	26
Figura 2. Modelo de circuito y significado de los símbolos	33
Figura 3. Organigrama del Sistema de Recolección distrito de Chiclayo	44
Figura 4. Modelos de recorrido de los vehículos para el recojo de basura	46
Figura 5. Recolección de residuos a pie de vereda o esquinas empleada en el distrito de Chiclayo	50
Figura 6. Plano de contenedores soterrados de carga vertical capacidad 5m ³	87
Figura 7. Plano de contenedores soterrados de carga vertical capacidad 5m ³	88
Figura 8. Nueva estructura orgánica del sistema de recolección en el distrito de Chiclayo	105
Figura 9. Secuencia de recorrido propuesto para los vehículos compactadores	106
Figura 10: Modelo de recorrido de las compactadoras y la Compactadora para los contenedores soterrados.	107
Figura 11. Metodología empleada	108
Figura 12. Red de transporte del distrito de Chiclayo	111
Figura 13. Atributos capa origen red vial Chiclayo- Arcmap.	112
Figura 14. Mapa de la red vial con detalles.	115
Figura 15. Mapa de la red vial con detalles.	116
Figura 16. Esquema de funcionamiento de planizar líneas	117
Figura 17. Ejemplo antes y después de planizar líneas	117
Figura 18. Ejemplo de reconstruir una curva	118
Figura 19. Ejemplo de ampliar una línea	118
Figura 20. Ejemplo de alineación	118
Figura 21. Atributos del Dataset de Red	119
Figura 22. Nueva ruta de la zona 21	121
Figura 23. Nueva ruta de la zona 4	123
Figura 24. Nueva ruta de la zona 1	125
Figura 25: Nueva ruta del botadero-Av. Angamos	127
Figura 26. Ruta de la zona 21 con estación de transferencia	129
Figura 27: Ruta de la zona 1 con estación de transferencia	131
Figura 28: Ubicación de contenedores en los puntos Críticos	134
Figura 29A: Ruta 01 del compactador Grúa	135
Figura 29B: Ruta 02 del compactador grúa	136
Figura 29C: Ruta 03 del compactador grúa	137

I. INTRODUCCIÓN

Perú al igual que muchos países del mundo, donde la concentración poblacional es predominantemente en zonas urbanas, enfrenta grandes retos en el manejo de sus residuos sólidos. Esto debido al elevado índice de crecimiento demográfico, comercial e industrial en el país y las costumbres de la población, orientadas básicamente al consumo de artículos desechables, así como la tendencia constante de la población a abandonar las zonas rurales para emigrar a centros urbanos. El crecimiento desordenado ha enfrentado complicaciones debido al déficit de infraestructura básica de servicios y una inadecuada planeación, se ve reflejada constantemente en el inadecuado manejo de los desechos generando problemas ambientales y de salud pública, tal como afirma Escudero *et al.* [1].

Legalmente, la gestión de los residuos sólidos es responsabilidad municipal, tal y como lo estipula la Ley 27314, Ley General de Residuos Sólidos [2]. Por tanto, son los gobiernos locales los encargados de implementar acciones para controlar la problemática de los residuos sólidos. Sin embargo la Municipalidad Provincial Chiclayo no dispone de una buena planeación para brindar un buen servicio de recolección en las diferentes zonas del distrito de Chiclayo, se estima que se generan aproximadamente 253,26 toneladas de residuos sólidos diariamente, el servicio de recolección de residuos sólidos únicamente recolecta 183 toneladas al día. Presenta problemas en el servicio de recolección, permitiendo la creación de puntos críticos, son puntos de aglomeración de residuos sólidos, en un estudio reciente se ha identificado 39 puntos críticos en el distrito de Chiclayo, de los cuales 11 presentan mayor volumen de acumulación de residuos sólidos, generando una problemática socio-ambiental para los habitantes del distrito, y además de ello el deterioro estético de la ciudad, así como el paisaje natural, tanto urbano como rural y la mala imagen que se llevan los turistas que visitan de nuestra ciudad.

El municipio no cuenta con la prestación de la recolección particular como un apoyo al servicio municipal. Sin embargo, en los últimos años este servicio ha crecido de manera desmedida, sin un correcto y estricto control, a tal grado, que en la actualidad se tienen más de 170 trabajadores que prestan el servicio de recolección en el municipio. Ante tal situación el municipio realizó durante el año 2013 un estudio de sectorización, cuyo objetivo fue presentar una propuesta para ordenar por sectores las rutas de recolección de residuos sólidos en la ciudad de Chiclayo con el fin de brindar un servicio a la ciudadanía más eficiente, asegurando que la distribución de éstas sean equitativas pero también viables desde el punto de vista económico y técnico. Como resultado de este estudio el municipio se dividió en 33 sectores (macro rutas o zonas) para su concesión, está integrada por un grupo de 17 compactadoras, trabajando en 3 turnos, para prestar el servicio de recolección.

Si bien es cierto que con la sectorización se ha logrado tener un mayor control sobre los vehículos, ya que actualmente se tiene una vía para canalizar las quejas de los ciudadanos en la prestación del servicio de recolección y además de ello un sistema de rastreo que permite localizar los vehículos de recolección en tiempos reales y así tener mayor control de las unidades en cada una de los sectores, al interior de estos sectores aparentemente no existe organización alguna ya que carecen de rutas fijas (micro ruta), creando malestar para los pobladores, por motivo que servicio de recolección en ciertas calles no se brinda, dejando desperdicios a su paso, especialmente en el centro de la ciudad en donde convergen las 33 zonas de recolección.

Por ello con esta investigación se tiene como objetivo general: Proponer la mejora del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el distrito de Chiclayo para reducir los impactos ambientales, respondiendo a la necesidad de la Municipalidad Provincial de Chiclayo de mejorar o establecer procesos y procedimientos fundamentales en el área de recolección de residuos sólidos. Para ello se realizó un diagnóstico del servicio de recolección de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo, un rediseño del sistema de recolección y finalmente se realizó un análisis costo - beneficio, económico y ambiental.

Esto permitirá contar con una herramienta para planificar rutas de recolección de residuos sólidos en sus 33 sectores del distrito de Chiclayo con la mayor eficiencia posible y también la implementación de un mecanismo de contenedores soterrados en los puntos críticos de mayor acumulación de residuos sólidos, con el fin de contribuir bajo este enfoque a la construcción del desarrollo sustentable de nuestro país. La investigación incluye un marco teórico de las mejores prácticas a nivel mundial de optimización de rutas, también un diagnóstico del servicio de recolección. A partir de la información general y del análisis, se presentará un modelo adaptado a la práctica, enfocado en el área de recolección de residuos sólidos. Se presentará la información necesaria para poder analizar los resultados así como los indicadores costo-beneficio, económico y ambiental asociados al proyecto.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

En el 2015, Guerrero *et al.* [3] en su investigación “*Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo*”, cuyo objetivo fue determinar las acciones y el comportamiento de los actores sociales quienes intervienen directamente en el proceso de manejo de residuos y analices de factores influyentes en el sistema. En cuanto a la metodología se empleó revisión de la literatura, base de datos existentes, observaciones en las zonas de estudio, entrevistas bien estructuradas y métodos estadísticas descriptivos e inferenciales. Obteniendo resultados, que revelen que a nivel municipal, el conocimiento limitado sobre tecnologías y buenas prácticas para la gestión de residuos, la falta de equipo para la recolección de materiales clasificados y la ausencia de tomadores de decisiones interesados en temas ambientales impide el desarrollo de programas de separación de residuos. Además de ello las campañas de sensibilización influyen en el comportamiento de los individuos para segregar residuos, debido a su preocupación ambiental y la necesidad de participar en las soluciones. Las conclusiones obtenidas fueron: la gestión de residuos involucra gran número de diferentes actores, con diferentes campos de interés; las municipalidades generalmente buscan mecanismos como un camino para encontrar soluciones a la diversidad de problemas que enfrentan; los servicios de recolección sólidos tienen un costo como cualquier otro servicio que se ofrezca, pero usualmente los gastos no se recuperan; y que también es fundamental generar datos confiables y crear canales de información dentro y entre las municipalidades.

En el 2015, Araiza y Zambrano [4] en su investigación “*Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: Un caso de estudio*” realizó una propuesta de mejora del sistema de recolección de RSU en 2 localidades del municipio de Villaflores (Benito Juárez y Jesús María Garza), Chiapias. La metodología empleada en este trabajo fue mediante SIG, con la herramienta Network Analyst de ArcGis, la cual usa el algoritmo de Dijkstra para optimizar rutas, se recolectaron datos como: adquisición de la traza urbana y viabilidades en formato digital, visitas a campo y entrevistas de personal que opera, así también como el número de paradas o esquinas, también se realizó la construcción de redes de transporte (modificaciones en los atributos a la red vial). Los resultados fueron: Disminución de tiempos en el recorrido, así como el número total de puntos o esquinas y consumo de combustible. Las conclusiones obtenidas fueron: Respecto a la tecnología SIG, si bien es cierto es un recurso costoso para localidades pequeñas (de menos de 2,500 habitantes) que se encuentren alejadas de centros urbanos de gran tamaño, si ofrece grandes bondades optimizando las rutas de recolección para localidades de más de 2,500 habitantes, ya que minimiza tiempos de cálculo a la vez que evita el riesgo que el ser humano introduce al moldear las rutas a su conveniencia, y también resalta que un mal diseño de macro y micro- ruteo puede traer consigo graves daños al sistema de colecta, desde desperdicios de tiempo del equipo y personal, reducción de cobertura del servicio, incremento de los costos, hasta la proliferación de tiraderos a cielo abierto en diferentes puntos de las localidades.

En el 2014, Calva y Rojas [5] en su estudio “*Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio Mexicali, México: Retos para el logro de una planeación sustentable*”, tuvo un propósito de evaluar la gestión municipal de Residuos Sólidos Urbanos RSU en el municipio de Mexicali, México a través del marco de la sustentabilidad. Las áreas urbanas representan un foco de atención para las administraciones locales ya que representan espacios de importancia económica en el Producto Interno Bruto. Al mismo tiempo, en estas áreas se favorece la concentración de población y la contaminación del aire, agua y suelo en estas áreas; empleando trabajos teóricos y metodológicos, así como de buenas prácticas implementadas en varios países para la gestión integral y/o sustentable de residuos sólidos en el ámbito municipal, concluye, que instrumentar el enfoque de gestión sustentable de los residuos sólidos demanda cambios sustantivos de carácter estructural en lo normativo, ya que tendrían que ampliarse responsabilidades al municipio más allá de la gestión operativa que a la fecha tiene en la prestación del servicio, para así contar con un área de planeación que dé seguimiento a través de las administraciones a programas y proyectos, realice su evaluación y mantenga la comunicación con la sociedad para retroalimentar la gestión.

La administración municipal puede moverse hacia la sustentabilidad si refuerza sus lazos con los actores externos: empresarios, academia y organizaciones de la sociedad civil que colaboren junto con las autoridades en la gestión RSU para diseñar una estrategia financiera, desarrollar investigación y tecnología apropiada, general información confiable, desarrollar indicadores para el monitoreo, capacitar y profesionalizar al personal y reforzar los programas de educación ambiental.

In 2014, Velumani [6] in his investigation “*GIS based optimal collection routing model for municipal solid waste: Case study in Singanallur, India*”, the objective was to develop an appropriate solid waste storage and collection plan using the Geographic Information System in Singanallur city, India. In this study the methodology used was to digitize, georeferencing the city map and the collection containers, are attributed from the Global Positioning System (GPS) data using GIS. The GIS software Arc/Info Network Module (ESRI) was used to find the shortest or minimum impedance path across a network. Resulting in the determination of the shortest route to collect municipal solid waste. The conclusions obtained were: the saving of collection distance of 46% due to the optimization of the routes. In addition, the benefit in the total cost of operation and maintenance of vehicles in the optimized route was 86,7%. Also the reduction of exhaust emissions of the vehicle and the volume of traffic on the road. In addition, it recommends that proper knowledge about waste segregation among people ensures the complete success of the collection system. It proposes the model, as a tool to support decision making by the municipalities for the efficient management of MSW.

En el 2014, Velumani [6] en su investigación “*Modelo de ruteo de recolección óptimo basado en SIG para residuos sólidos municipales: Caso de estudio en Singanallur, India*”, el objetivo fue desarrollar un plan apropiado de almacenamiento y recolección de residuos sólidos, utilizando el Sistema de Información Geográfico en ciudad de Singanallur, la India. En este estudio la metodología empleada, fue digitalizar, georreferenciar el mapa de la ciudad y los contenedores de recogida, se atribuyen a partir de los datos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

utilizando GIS. El módulo de red (ESRI) de Arc/Info del software GIS, se utilizó para encontrar la ruta de impedancia más corta o mínima a través de una red. Obteniendo como resultado la determinación de la ruta más corta para recoger los residuos sólidos municipales. Las conclusiones obtenidas fueron: el ahorro de distancia de recolección del 46% debido a la optimización de las rutas. Además, el beneficio en el gasto total de funcionamiento y mantenimiento de vehículos en la ruta optimizada fue del 86,7%. También la reducción de las emisiones de escape del vehículo y el volumen de tráfico en la carretera. Además de ello recomienda que el conocimiento apropiado sobre la segregación de desechos entre la gente asegura el éxito completo del sistema de recolección. Propone el modelo, como herramienta de apoyo a la toma de decisiones por parte de los municipios para la gestión eficiente de RSU.

In 2012, Buhrkal et al. [7] in his investigation “*The problem of routes for vehicles of collection of waste with windows of time in a logistical context of the city*”, it studies like collecting waste of an efficient form, the windows of time of the vehicles of collection with problems over time that occupies, finding of optimum routes for the trucks of rubbish in such a way that all the containers of rubbish desocupe and the waste drive to the places of elimination. Regarding the methodology, uses a heuristic Large Neighborhood Search (LNS) and adaptive large neighborhood search (ALNS) metaheurístico built using the voracious algorithm proposed by Benjamín and Beasley. Like result obtains, that the use of ALNS in the complete loss problems in the collected gives substantial improvement on sub-optimisation of the routes. The conclusions obtained were: Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows (WCVRPTW) has been resolved by means of the put-heuristic adaptive Big Vencidad of research. The method shows better results for the cases of reference. A new case of the real life has been tested and attained considerable improvements.

En el 2012, Buhrkal et al. [7] en su investigación “*El problema de rutas para vehículos de recolección de residuos con ventanas de tiempo en un contexto logística de la ciudad*”, estudia como recoger residuos de una forma eficiente, las ventanas de tiempo de los vehículos de recolección con problemas con el tiempo que ocupa, hallazgo de rutas óptimas para los camiones de basura de tal manera que todos los contenedores de basura se desocupen y los residuos se conducen a los lugares de eliminación. En cuanto a la metodología, se utiliza una heurística Large Neighborhood Search (LNS) y adaptive large neighborhood search (ALNS) metaheurístico se construyó usando el algoritmo voraz propuesto por Benjamín y Beasley. Como resultado se obtiene, que el uso de ALNS en la pérdida completa problemas en la recogida da mejora sustancial sobre sub-optimización de las rutas. Las conclusiones obtenidas fueron: Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows (WCVRPTW) ha sido resuelto mediante el meta-heurístico adaptiva Gran Vencidad de búsqueda. El método muestra mejores resultados para los casos de referencia. Un nuevo caso de la vida real ha sido probado y se lograron mejoras considerables.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Se entiende por residuos sólidos cualquier material desechado que pueda o no tener utilidad alguna. El término residuo corresponde con la aceptación de la palabra desecho, pues esta trae implícita la no utilidad de la materia, tal como argumenta Jiménez [8].

2.2.1.1. Los residuos sólidos urbanos (RSU)

Se definen como los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades, tal como afirma Castillo [9].

Castillo [9] señala que los residuos sólidos comprenden los siguientes tipos:

- a) **Residuos sólidos domiciliarios:** Los generados por el uso de:
 - Casa Habitación
- b) **Residuos sólidos comerciales:** Los generados por el uso de:
 - Comercio: tiendas, panaderías, bazares, ferreterías, etc.
 - Restaurant: Chifa, cebichería, restaurant pollería, etc.
 - Mercados: Mercados pequeños, mercados de flores, mercadillos.
 - Grifos: Abastecedores y con lubricentro.
 - Supermercados: Medianos y grandes almacenes con estaciones de servicio.
 - Clubes o centros de esparcimiento, recreativos, turísticos y sociales, gimnasios, sala de convenciones y/o recepciones, cines, discotecas, pubs, karaokes y similares, bingos, tragamonedas y casinos.
- c) **Residuos sólidos de espacios públicos:** Los generados por las actividades de:
 - Barrido de calles: avenidas en general, plazas y otros.
 - Mantenimiento de las áreas verdes: Parques y jardines.
- d) **Residuos sólidos institucionales:** Los generados por el uso de:
 - Hospitales; solo los de naturaleza similar a los domiciliarios.
 - Centros educativos: Colegios, universidades, institutos superiores, academias, y centros preuniversitarios.
 - Gobierno central: Instituciones públicas descentralizadas, organismos constitucionalmente autónomos, entidades descentralizadas de derecho público y gobiernos locales.

e) **Residuos sólidos industriales:** Los generados por las actividades de:

- Fábrica de calzados: En pequeña escala y curtumbre.
- Confección de ropa: Tanto para el vestir, como para uniformes.

f) **Otros residuos sólidos:** Generados por ser un distrito emergente, como los colchones, muebles viejos y escombros (adobe, madera vieja y quincha).

2.2.2. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El manejo adecuado de residuos sólidos, busca generar una conciencia de reducción y consumo responsable, mostrando que la elevada generación de residuos sólidos, comúnmente conocidos como basura y su manejo inadecuado son uno de los grandes problemas ambientales y de salud, los cuales se han acentuado en los últimos años debido al aumento de la población y a los patrones de producción y consumo, mostrando algunas alternativas y usos que se pueden dar a materiales que comúnmente son desechados como “basura” , según afirma la Ley General de Residuos Sólidos [2].

En [2] se explica, que los residuos deberán ser manejados adecuadamente, a través de un sistema que debe incluir, según corresponda los siguientes procesos:

a) **Minimización de residuos:** Este proceso implica reducir a lo mínimo posible el volumen y la peligrosidad de los residuos sólidos generados, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento o técnica utilizada durante las actividades operativas.

b) **Segregación en la fuente:** Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos para ser manejados en forma especial. Esta agrupación sólo se realiza en la fuente de generación o en una instalación de tratamiento operada por una empresa autorizada.

c) **Reaprovechamiento:** Buscarle utilidad a aquel residuo sólido que ha sido generado, usando técnicas de reaprovechamiento como el reciclaje.

d) **Almacenamiento:** Acumulación inicial de los residuos generados por la fuente, utilizando contenedores para su almacenamiento y posterior evacuación hacia el almacenamiento central.

e) **Recolección:** La recolección de residuos consiste en primer término en realizar el traslado desde los diferentes lugares donde se genere el residuo hacia el contenedor más próximo.

Para realizar un servicio óptimo de recolección de residuos sólidos, se requiere contar con los siguientes componentes:

- Buena flota de recolección (compactadoras, contenedores, volquetes y furgonetas).

- Barrido de calles y avenidas
 - Almacenamiento.
- f) Comercialización:** Se refiere a la compra y/o venta de los residuos sólidos recuperables para obtener un beneficio económico.
- g) Tratamiento:** Es la fase final de las actividades de lucha contra la contaminación. Su objetivo es la eliminación de cualquier traza de contaminación o de riesgo perjudicial y el reciclaje de los residuos.
- h) Transferencia:** La transferencia de residuos se refiere a los lugares donde se realiza la transferencia de un medio de transporte a otro para su traslado hacia los lugares de disposición final. Para la transferencia se necesitan los camiones madrinas.
- i) Transporte:** Esta labor se realiza con unidades de mayor capacidad en toneladas métricas (camiones barandas o volquetes). Tanto para los residuos domiciliarios como los de barrido de calles.
- j) Disposición final:** Es la última etapa del manejo de los residuos sólidos, la cual implica disponer en un ambiente seguro y de forma permanente los residuos sólidos generados durante una actividad.
- k) Monitoreo:** Las inspecciones de rutina por parte del responsable. La realización de las inspecciones considera el ciclo del proceso de manejo de residuos, desde su generación hasta el retiro de los residuos, incluyendo la inspección a los contratistas que se desenvuelven dentro de sus labores.

2.2.3. GENERALIDADES DEL SISTEMA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Como sostiene Rocero y Pérez [10] la recolección de residuos es en términos generales el transportar los residuos sólidos desde su almacenamiento en la fuente generadora hasta el vehículo recolector y luego trasladarlos hasta el sitio de disposición final o a la estación de transferencia.

El objetivo de la prestación del servicio de recolección y transporte es la de proteger la salud pública y el medio ambiente. Sin embargo, asociados a estos objetivos primordiales del servicio, están algunos objetivos del estado, y en particular del organismo operador del servicio, que son: proteger la salud pública y el medio ambiente al menor costo, tal como afirma Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales [11].

En [11] se explica que el servicio de recolección de residuos sólidos debe reunir en lo posible las características que se indican en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Características de un adecuado servicio de recolección y transporte de residuos sólidos

Aspecto	Descripción
Técnico	Fácil implementación; operación y mantenimiento sencillos; uso de recursos humanos y materiales de la zona; comprende desde la producción hasta la disposición final de residuos sólidos.
Social	Fomenta los hábitos positivos de la población y desalienta los negativos; es participativo y promueve la organización de la comunidad.
Económico	Costo de implementación, operación, mantenimiento y administración al alcance de la población que debe sufragar el servicio.
Organizativo	Administración y gestión del servicio simple y dinámica; es racial.
Salud	Se inscribe en un programa mayor de prevención de enfermedades infecciosas.
Ambiental	Evita impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire.

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS [11], 2002.

Es muy necesario este aspecto ya que con un adecuado sistema de recolección y transporte de los residuos sólidos residenciales se logra la prevención de impactos al medio ambiente en sus aspectos agua, aire y suelo; y así se pueden evitar focos de infecciones, proliferación de insectos vectores y roedores, que pueden transmitir enfermedades y epidemias, la contaminación de fuentes de agua, deterioro estético por deterioro del paisaje debido a la acumulación de los residuos, según argumenta el Instituto Nacional de Administración Pública [12].

2.2.3.1. Métodos de recolección de RSU

Atendiendo al grado de especialización de los vehículos recolectores utilizados en la prestación del servicio, los métodos de recolección pueden clasificarse en métodos mecanizados, semimecanizados y métodos manuales). Los métodos mecanizados y semimecanizados normalmente se utilizan en localidades altamente urbanizadas; mientras que los métodos manuales (que normalmente se efectúan con equipos no convencionales), son más usuales en zonas deprimidas y de difícil acceso, así como en localidades eminentemente rurales, según afirma Secretaría de Desarrollo Social [13].

En el 2012, Empresa pública de Aseo [14] sostiene, las demandas del servicio y el grado de tecnificación de los equipos, mismos que se encuentra relacionado de manera directa con el nivel de servicio y, de forma inversa con la participación del usuario mismo en el cumplimiento del servicio,

En [14] se explica, que los métodos de recolección se clasifican como:

- a) **Método de esquina o parada fija:** Método más económico y, es aquel mediante el cual los usuarios del sistema llevan sus recipientes hasta donde el vehículo recolector se estaciona para prestar el servicio. Una vez que los usuarios han llegado hasta el vehículo, forman una fila ordenada para que un operador les tome el recipiente y, lo entregue a otro que se encuentra dentro de la carrocería del vehículo, el cual vacía su contenido y lo regresa al operario que se le entregó para que, a su vez, se lo devuelva al usuario.

- b) **Método de recolección a pie de vereda o acera:** Servicio prestado mediante camiones de recolección de carga posterior, que recogen los residuos dispuestos en las veredas de la ciudad, puerta a puerta. Tanto los horarios como las frecuencias son definidos de acuerdo a las características particulares de cada zona.
- c) **Método de “llevar y traer” o intradomicilio:** Los operarios del vehículo recolector, entran hasta las casas por los recipientes con residuos, regresándolos hasta el mismo sitio de donde los tomaron, una vez de haberlos vaciado dentro de la caja del vehículo.

Naturalmente, este método de recolección suele resultar más costoso que el de acera y, aún más que el de esquina.

- d) **Método de contenedores:** Es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe detenerse en ciertos puntos predeterminados para llevar a cabo la prestación del servicio. Puede decirse que este método es el más adecuado para realizar la recolección en centros de gran generación o de difícil acceso; como pueden ser hoteles, mercados, centros comerciales, hospitales, tiendas de autoservicio y zonas marginadas, entre otras.

La localización de los contenedores, deberá disponerse de tal manera que el vehículo recolector tenga un fácil acceso a ellos y que, además, pueda realizar maniobras sin problemas.

2.2.3.2. Equipos de recolección y transporte

Respecto a los equipos de recolección y transporte, se sugiere que se empleen vehículos con carrocerías de gran capacidad, vehículos altamente especializados, vehículos compactadoras, son los más adecuados para abatir los costos de recolección, por el sistema de compactar los residuos y reducir el volumen de estos, afirma Empresa Pública de Aseo [14].

Empresa Pública de Aseo [14] especifica que los equipos de recolección pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- a) **Equipos recolectores de alta tecnificación:** Son todos aquellos que por adaptación o por diseño original, están capacitados para realizar maniobras de carga y descarga de contenedores.
- b) **Equipos especializados para la recolección de residuos sólidos:** Son aquellos que por su diseño original, están capacitados para la prestación del servicio de recolección y posterior descarga de basura con cierta comodidad; como son todos los vehículos compactadores de carga trasera y lateral; y algunos otros de carga lateral sin mecanismos de compactación pero con placa empujadora de basura.

- c) **Equipos no convencionales para la recolección de residuos sólidos:** Será cualquier vehículo utilizado para la prestación del servicio en cuestión, que no presente las características mencionadas para los equipos especializados y de alta tecnificación.
- d) **Sistemas de recolección por contenedores altamente especializados:** Estos sistemas están diseñados para atender la demanda del servicio, exclusivamente a través de la utilización de contenedores.

Son equipos altamente tecnificados donde la variante radica casi exclusivamente en cuanto al mecanismo empleado para la carga y descarga de contenedores con capacidad normalmente alta (desde 6 hasta 22m³).

Cuando se usan adecuadamente, su eficiencia de recolección es muy alta. Estos sistemas no son recomendables para la recolección domiciliaria con métodos tradicionales; sino más bien para cuando no se cuenta con un acceso adecuado y/o en zonas de gran generación. Su utilización también es recomendable en mercados, hospitales, tiendas de autoservicio, multifamiliares de gran tamaño, industrias, etc.

La diferencia básica con respecto a los vehículos compactadores de carga trasera, frontal o lateral con mecanismos para contenedores, radica en el tamaño de los contenedores por atender, ya que normalmente un sistema así, maneja contenedores 2 a 5 veces más grandes que los que pueden atender vehículos con mecanismo de contenedores adaptado.

- **Contenedores soterrados:** Los contenedores soterrados son un sistema novedoso para evitar el impacto visual de ver basura en la superficie. La base del contenedor esta oculta en el suelo haciendo más fácil el depósito de la basura y evitando malos olores y la acumulación de bolsas en la superficie, tal como afirma Montagut [15].

Los contenedores soterrados, han sido acogidos por varios países en el mundo, teniendo su instalación los efectos esperados, este tipo de iniciativa responde a las necesidades creadas por el hombre, la basura que se genera abarca las ciudades y los pueblos. Es tipo de contenedores se colocan en puntos estratégicos, para tener mayor control del manejo de los residuos sólidos [15].

En el 2015, Montagut [15] argumenta, el mecanismo de contenedores, son una buena herramienta para mejorar la gestión de los residuos municipales, especialmente en puntos donde hay mayor aglomeración de residuos, pero sin una buena campaña de sensibilización no se conseguirían las mejoras, es indispensable la colaboración de los ciudadanos.

Riva [16] explica que la escasez de espacio en muchas de las ciudades ha hecho que se propaguen sistemas de contenedores que normalmente están soterrados y cubiertos con una tapa solidaria o un buzón para la entrada de bolsas de basura. En el momento de su recogida, se eleva el

contenedor mediante un vehículo compactador-grúa, después de la descarga del residuo en la compactadora se baja el contenedor.

Perú ha puesto su confianza en los contenedores soterrados, las municipalidades de bellavista y Miraflores, entre otras municipalidades ya han puesto en marcha el sistema de contenedores, tienen efectos positivos: no generan malos olores, mantiene mayor control en zonas de mayor generación de residuos denominados puntos críticos, mantienen limpia la vía pública, libre de recicladores, mejores condiciones de seguridad e higiene, permite evacuar los residuos de los hogares sin elevar los costos y está disponible las 24 horas del día, es decir los ciudadanos pueden depositar su basura en el horario que estimen conveniente.

- e) **Vehículos compactadores:** Debido a que los residuos urbanos presentan esencialmente un problema de volumen, más que de peso, se ha visto la conveniencia de tener el recipiente o caja de recolección de los vehículos con un sistema de compactación a fin de reducir volumen a medida que se aumenta la cantidad de residuos recolectados. Por supuesto, son mucho más costosos y requieren de mayor mantenimiento por sus mecanismos especializados de elevación y compresión del material recolectado. La capacidad de compactación viene dada por la potencia total que desarrolla el mecanismo, la fuerza aplicable por unidad de área o por relación entre los volúmenes de los residuos antes y después de la compactación, tal como afirma Gálvez [17].

El servicio recolección de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo es mediante vehículos compactadores, se observa en la figura 1.



Figura 1. Compactadoras para servicio de recolección de residuos
Fuente: Sub Gerencia de Gestión de residuos sólidos- MPCH [18], 2016.

2.2.3.3. Frecuencia de recolección

En 1998, Centro Empresarial para el reciclaje [19] argumenta, la frecuencia consiste en la periodicidad semanal con la que se realiza la recolección de residuos sólidos domiciliarios, es decir, define el tiempo en el que se llevará a cabo la operación en un mismo sitio o en una misma zona.

Hay que tener en cuenta que Barrios y Saab [20] argumentan que la frecuencia de recolección deberá prever que el volumen acumulado de basura no sea excesivo y que el tiempo transcurrido desde la generación de basura hasta la recolección para su disposición final no exceda el ciclo de reproducción de la mosca que varía, según el clima, de 7 a 10 días.

2.2.3.4. Indicadores a considerar en la recolección de los residuos

A continuación se mencionará algunos indicadores que están relacionados con el sistema de recolección de residuos:

- a) **Densidad poblacional:** La densidad poblacional es la relación entre el número de personas por unidad de área de terreno, tal como afirma Haupt y Kane [21].
- b) **Producción Per cápita:** Es la cantidad en kilogramos de Residuo Sólido Urbano (RSU) generado por una persona en un día, según afirma Castillo [9].

Como sostiene el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales [11] índice per cápita sirve de base para la planificación del servicio de recolección porque permite establecer sectores y rutas de recolección, así como estimar la cantidad de residuos que genera la ciudad donde se presta el servicio. Está en función del estrato socioeconómico de la población, infraestructura urbana del lugar, cobertura y calidad del servicio de recolección.

- c) **Producción Per cápita domiciliar:** Es la cantidad promedio en kilogramo de residuo sólido urbano generados por cada vivienda [11].
- d) **Recolección Per cápita:** Se define a este indicador como aquel que permite obtener la cantidad de residuos a recolectar por habitantes. Frente a la producción per cápita (PPC) ayuda a determinar el porcentaje de cobertura del servicio, tal como afirma la Empresa Pública de Aseo [14].
- e) **Cobertura:** Permite conocer el porcentaje de población total que cuenta con el servicio de recolección [11].

2.2.3.5. Rutas de recolección

- a) **Macro ruta:** Se denomina macro rutas a la división de la ciudad en sectores operativos. Fundamentalmente se trata de determinar el tamaño de cada una de las rutas en forma tal que la cantidad de trabajo diario que realiza una cuadrilla sea similar a la de cualquier otra, con el máximo de utilización de los recursos, tal como afirma Marquez en su trabajo Macro y Micro ruteo de Residuos Sólidos Residenciales [22].

Sectorización: El primer paso será, sobre un plano de la ciudad, dividir la recolección en grandes zonas lo más homogéneas posibles en cuanto a sus características de producción de residuos, topografía, tipo de residuos y

cuyos límites estén delimitados por accidentes geográficos o por instalaciones urbanas. Así un río o una avenida de amplio tráfico servirán como límites. El objeto de esto es lograr una amplia fluidez dentro de las rutas [22].

Marquez [22] argumenta que se deben determinar los límites de estos mismos, utilizando el mapa de la ciudad. La regla común para la determinación de los límites es utilizar, dentro de lo posible, las vías arteriales y las barreras topográficas tales como ríos y lagos, con el propósito de evitar pérdidas de tiempo en cruzar estas barreras y vías. Se debe tomar en cuenta que las macro rutas son áreas compactas, que generalmente comprenden colonias o barrios enteros, y que se diseñan con la finalidad de que, en las áreas determinadas, se realice un recorrido específico con el vehículo, que cubra la mayor cantidad de viviendas y con la mayor eficiencia en carga.

b) Micro ruta: Es el recorrido específico que deben cumplir diariamente los vehículos de recolección en las áreas de la población donde han sido asignados, con el fin de recolectar en la mejor manera posible los residuos sólidos generados por los habitantes de dicha área. Este proceso consiste en desarrollar una ruta de recorrido para cada sector, de manera que permita a cada equipo llevar el trabajo de recolección en una menor cantidad de tiempo y recorrido, tal como afirma Marquez [22]. También argumenta que hay aspectos a considerar en las rutas de recolección:

- Número y tipo de equipo seleccionado.
- Tamaño de la tripulación.
- Frecuencia de recolección.
- Distancia entre paradas y estaciones.
- Distancia al sitio de transferencia o disposición final.
- Maniobrabilidad de los contenedores.
- Topografía del terreno.
- Tráfico en la ruta.
- Condiciones de los caminos.

Otras consideraciones para el ruteo son:

- Las rutas no deben de estar fragmentadas o traslapadas.
- Cada ruta deberá ser compacta, atacando un área geográfica y estar balanceada.
- El tiempo total de cada ruta deberá ser razonablemente el mismo.
- La recolección deberá comenzar lo más cercano al encierro.
- Las calles de un solo sentido se tratarán de atacar desde el principio de ellas.
- Se deberán minimizar las vueltas en U y a la izquierda. Las partes elevadas se atacarán primero.
- Generalmente, cuando sólo se recolecta de un lado de la acera, es preferible rodear las manzanas.
- Cuando la recolección es por los dos lados de la acera, es preferible recolectar en línea recta por varias manzanas.

2.2.4. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

En el 2004, Taha [23] argumenta que la Investigación de Operaciones es una herramienta dominante e indispensable para tomar decisiones. Los elementos principales de la investigación de operaciones es el modelo matemático y estadísticos, además de algoritmos para tomar decisiones en problemas relaciones con la planificación, coordinación y ejecución de operaciones en las organizaciones. Aunque la solución del modelo matemático establece una bases para tomar una decision, se debe tener en cuenta factores intangibles o no cuantificables, como por ejemplo el comportamiento humano, para poder llegar a una decisión final.

Según Hillier y Lieberman [24] es una disciplina implica “investigar sobre las operaciones”, esta disciplina se aplica a la problemática relacionada con la conducción y la coordinación de actividades en una organización. En esencia, la naturaleza de la organización es irrelevante, por el cual la IO ha sido aplicada de manera extensa en áreas tan diversas como la manufactura, transporte, construcción, telecomunicaciones, planeación financiera, cuidado de la salud, fuerza armadas y servicios públicos, entre otros la gama de aplicaciones es inusualmente amplia. Algunas aplicaciones de la investigación de operaciones sirven para problemas de asignación de recursos materiales y servicios y planificación de rutas.

Beneficios de la investigación de operaciones:

En el 2004, Prawda [25] sostiene que en la práctica la instrumentación de un proyecto de investigación de operaciones en la solución de un problema real en una organización. Tiene los siguientes beneficios

- Incrementar la posibilidad de tomar mejores decisiones en las organizaciones; con el uso de la investigación de operaciones y tecnología sofisticada (pc) se tiene en cuenta en el sistema miles de componentes y cientos de interrelaciones, sin esta ayuda las decisiones que se tomaban eran de carácter intensivo.
- Mejora la coordinación entre múltiples componentes de la organización. La IO genera mayor nivel de ordenación.
- Mejora el control de sistema al instituir procedimientos sistemáticos que supervisan por un lado las operaciones que se llevan a cabo en la organización y por otro lado evita el regreso a un sistema peor.
- Logra un mejor sistema al hacer que este opere con costos más bajos, con interacciones más fluidas, eliminando cuellos de botella y logrando una mejor coordinación entre los elementos más importantes de todo el sistema.

2.2.4.1. Problemas de Optimización

Taha [23] argumenta que el problema de optimización consiste en determinar el valor óptimo (valor máximo o valor mínimo) que una función asume sobre los elementos de un conjunto dado.

De un modo preciso, dados un conjunto X y una función que asigna a cada x de X un valor numérico $f(x)$, se desea para el caso de máximo, encontrar x_0 de X que cumpla la condición:

$$f(x) \leq f(x_0) \text{ Para todo } x \text{ de } X$$

Para el caso de mínimo, un x_1 de X que cumpla $f(x) \geq f(x_1)$ para todo x de X

En forma abreviada se escribe $f(x_0) = \max f(x), f(x_1) = \min f(x)$

Los elementos del conjunto X representan los recursos del problema y $f(x)$ puede ser considerado como el valor del recurso x , por ejemplo, es un costo, tiempo, una cantidad de producción, etc. A la función $f(x)$ se le denomina función objetivo.

Frecuentemente, el conjunto de X se especifica mediante restricciones, que determinan sus elementos, y algoritmos o reglas, que describen como obtener elementos de X .

Es posible que el problema tenga soluciones, porque conjunto de X no tiene elementos o porque la función $f(x)$ no puede tomar un valor máximo o mínimo.

2.2.4.2. Programación matemática

Según Taha [23] los problemas de programación matemática constituyen una parte importante de los problemas de optimización. Un programa matemático tiene la forma:

Maximizar (o minimizar) $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, sujeto a las condiciones o restricciones:

$$g_1 = f(x_1, \dots, x_n) [\leq, =, \geq] b_1$$

$$g_2 = f(x_1, \dots, x_n) [\leq, =, \geq] b_2$$

$$g_m = f(x_1, \dots, x_n) [\leq, =, \geq] b_m$$

Donde $f(x_1, \dots, x_n), g_1(x_1, \dots, x_n), \dots, g_m(x_1, \dots, x_n)$, son funciones con valores numéricos que dependen de n variables numéricas, x_1, x_2, \dots, x_n . b_1, \dots, b_m son constantes y en cada restricción se emplea uno de los siguientes signos $\leq, =, \geq$, lo que se indica mediante la notación $\{\leq, =, \geq\}$.

El conjunto X de definición del problema está formado por todos los $x = (x_1, \dots, x_n)$ que satisfacen todas las restricciones. A tales x se llama soluciones factibles del problema, y a X , se le denomina el conjunto de soluciones factibles o región de factibilidad.

Generalmente se asume que las variables x_1, \dots, x_n son números reales. No obstante, también se considera programas matemáticos – llamados programación entera en los que las variables toman solo valores enteros.

2.2.4.3. Modelo de programación matemática

Para resolver un problema de optimización primero se formula un modelo del problema mediante un problema matemático y luego se resuelve el programa matemático, tal como afirma Taha [23]. Menciona los pasos que usualmente se aplican para la formulación o propuesta del modelo son las siguientes:

- Identificar las **variables** del problema concreto, normalmente las variables son de carácter cuantitativo y buscan los valores que optimizan la función objetivo.
- determinar que decisiones resultan admisibles; esto conduce a un conjunto de **restricciones** que se determinan teniendo presente la naturaleza del problema en cuestión.
- Se incluyen condiciones adicionales que no aparecen de manera explícita pero que deben cumplirse en el problema real, por ejemplo, si algunas variables de decisión han de tomar valores iguales a cero, o si deben tener valores enteros.

Obtenido el modelo matemático se procede a resolverlo aplicando los métodos y técnicas de optimización, consiste en hallar el valor óptimo si existe, y una solución óptima.

2.2.4.4. Formulación del problema de Programación Lineal

En [23] se explica, que la programación lineal resuelve problemas donde todas las relaciones entre las variables son lineales, tanto en las restricciones como en la función objetivo, la presencia de una única función no lineal hace que el problema no pueda clasificarse como problema de programación lineal.

El objeto de la programación lineal es optimizar (minimizar o maximizar) una función lineal de n variables sujeto a restricciones lineales de igualdad o desigualdad, denominada función objetivo.

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Sujeto a las restricciones:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \end{aligned}$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

Y

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

Se puede resumir la terminología común de los modelos de programación lineal. La función que se desea maximizar, $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$, se llama función objetivo. Por lo general, se hace referencia a las limitaciones como restricciones. Las primeras m restricciones (aquellas con una *función* de todas las variables $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n$ en el lado izquierdo) a veces reciben el nombre de restricciones funcionales (o restricciones estructurales). De manera parecida, las restricciones $x_1 \geq 0$ se conocen como restricciones de no negatividad (o condiciones de no negatividad).

2.2.5. ALGORITMOS Y MODELOS MATEMÁTICOS

A grandes rasgos un Problema de Ruteo de Vehículos consiste en, dado un conjunto de clientes y depósitos dispersos geográficamente y una flota de vehículos, determinar un conjunto de rutas de costo mínimo que comiencen y terminen en los depósitos, para que los vehículos visiten a los clientes. Las características de los clientes, depósitos y vehículos, así como diferentes restricciones operativas sobre las rutas, dan lugar a diferentes variantes del problema, tal como afirma Taha [23].

2.2.5.1. Formulación matemática

Según Taha [23] existen distintos métodos de optimización de rutas, los cuales buscan minimizar la distancia de recorrido y por ende, los costos incurridos y costos asociados. En esta parte, se formulan algunos problemas clásicos que sirven como base para los algoritmos específicos utilizados para la resolución de casos como el de este estudio.

La red de transporte por la que circulan los vehículos se modela mediante un grafo ponderado $G = (V, E, C)$. Los nodos del grafo representan a los clientes y depósitos. En problemas con un depósito y n clientes, el nodo 0 representa al depósito y los nodos $1, \dots, n$ a los clientes. En algunos casos (en que se explicará) se agrega una copia del depósito etiquetada con $n + 1$ para simplificar la formulación [23].

Cada arco $(i, j) \in E$ representa el mejor camino para ir desde el nodo i hacia el nodo j en la red de transporte y tiene asociado un costo c_{ij} y un tiempo de viaje t_{ij} . Según la estructura de los costos y los tiempos y las características de la red, el grafo puede ser simétrico o asimétrico. Puede suponerse que G es completo, pues entre todo par de lugares de una red de transporte razonable, debería existir algún camino. Sin embargo, por una cuestión de flexibilidad, los modelos serán planteados sin realizar dicha hipótesis [23].

Denotaremos por $\Delta^+(i)$ y $\Delta^-(i)$ al conjunto de nodos adyacentes e incidentes al nodo i , es decir, $\Delta^+(i) = \{j \in V \mid (i, j) \in E\}$ y $\Delta^-(i) = \{j \in V \mid (j, i) \in E\}$.

De manera similar, el conjunto de arcos incidentes hacia el exterior e interior del nodo i se definen como $\delta^+(i) = \{(i, j) \in E\}$ y $\delta^-(i) = \{(j, i) \in E\}$.

- **Problema del agente viajero (TSP)**

El problema del Agente Viajero trata de un solo vehículo que debe visitar a todos los clientes en una sola ruta y a costo mínimo.

Taha [23] argumenta, el agente viajero tiene que ver con la determinación del viaje (cerrado) más corto en un caso con n ciudades, en el que cada ciudad se visita exactamente una vez. En esencia, el problema es un modelo de asignación con restricciones adicionales que garantizan la exclusión de subviajes en la solución óptima. En forma específica, en el caso con n ciudades, se define:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si se llega de la ciudad } i \text{ a la ciudad } j \\ 0, & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

Si d_{ij} es la distancia de la ciudad i a la ciudad j , el modelo del agente viajero es el siguiente:

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

Sujeto a

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

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

$$x_{ij} = (0, 1) \quad (3)$$

$$\text{La solución forma un circuito} \quad (4)$$

En la figura 2, se demuestra un problema con 5 ciudades. Los arcos representan rutas en dos sentidos. También se ve en la figura una solución de circuito y subcircuito del modelo de asignación asociado. Si las asignaciones forman una solución de circuito, el circuito es óptimo. En caso contrario se agregan más restricciones al modelo de asignación para eliminar los subcircuitos.

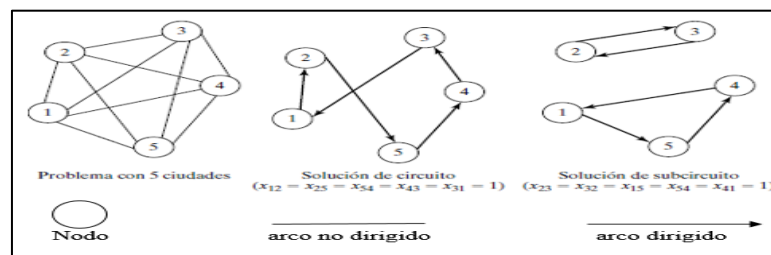


Figura 2. Modelo de circuito y significado de los símbolos
Fuente: Taha Hamdy, en su libro de Investigación de operaciones [23]

- **El problema de los m Agentes Viajeros (m -TSP)**

Taha [23] sostiene, el Problema de los m Agentes Viajeros o m -TSP es una generalización del TSP en la cual se tiene un depósito y m vehículos. El objetivo es construir exactamente m rutas, una para cada vehículo, de modo que cada cliente sea visitado una vez por uno de los vehículos. Cada ruta debe comenzar y finalizar en el depósito y puede contener a lo sumo p clientes. Una formulación, dada por Miller *et al.*, es la siguiente:

$$\text{Minimizar } \sum_{(i=1) \in E} c_{ij} x_{ij}$$

S.a.

$$\sum_{j \in \Delta+(0)} x_{0j} = m \quad (1.1)$$

$$\sum_{j \in \Delta+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (1.2)$$

$$\sum_{j \in \Delta-(j)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (1.3)$$

$$u_i - u_j + p x_{ij} \leq p - 1 \quad \forall (i, j) \in E, i \neq 0, j \neq 0 \quad (1.4)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in E$$

$$u_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$$

La representación (1.1) indica que exactamente m vehículos salen del depósito y las (1.2) y (1.3) aseguran que cada cliente es un nodo intermedio en exactamente una ruta.

Finalmente, con (1.4) se eliminan los sub-tours y se impone que en cada ruta no haya más de p clientes.

En este caso que $p = n$ (es decir, cuando la cantidad de clientes por ruta no está acotada) el m -TSP puede formularse como un TSP con m copias del depósito tales que la distancia entre ellas es infinita. Las soluciones a ese TPS no utilizaran arcos que conectan dos copias del depósito y por lo tanto, pueden ser interpretadas como soluciones m -TSP

El problema del Agente Viajero (Travelling Salesman Problem), es minimizar la distancia local recorrido. Cada nodo debe ser visitado exactamente una sola vez.

- **El problema del cartero chino en un grafo no dirigido**

Sea $G = (V, A)$ un grafo conexo no dirigido con costos no negativos asociados a sus aristas. El CPP consiste en encontrar un tour de costo o cualquier otra medida de desempeño como la distancia mínimo en G [23].

Un grafo G , conexo y no dirigido, contiene un tour que atraviesa cada arista exactamente una vez (tour euleriano).

Si un grafo G contiene un tour euleriano, éste puede ser construido utilizando la siguiente regla: Partiendo de cualquier vértice, ir recorriendo aristas, eliminándolas al mismo tiempo. No atravesar una arista si al eliminarla el grafo quedará dividido en dos componentes conexas (excluyendo vértices aislados).

Cuando G contiene algún vértice de grado impar, cualquier tour G contendrá alguna arista más de una vez. Podemos representar cada repetición por medio de una arista artificial (una copia añadida al grafo original). Entonces podemos considerar el CPP como el problema de encontrar un conjunto de aristas artificiales, con costo total mínimo, que al ser añadido al grafo original, hagan éste par [23].

- **El problema del cartero chino en un grafo dirigido**

Se considera ahora el problema de encontrar un tour de costo o distancia de recorrido mínimo en un grafo dirigido. Sea $G = (V, A)$ un grafo dirigido con costos no negativos asociados a los arcos de A . El grafo debe ser fuertemente conexo para asegurar la existencia de soluciones al problema, tal como afirma Taha [23].

En el caso en que el grafo G sea simétrico, el problema es trivial, puesto que:

Un grafo G fuertemente conexo y dirigido, contiene un tour euleriano si los grados de entrada, $d_i(v)$, y los grados de salida, $d_o(v)$, son iguales $v \in V$. Se entiende por grado al número de arcos que salen o entran de un nodo determinado.

Si el grafo G es no simétrico, el problema consiste, como en el caso no dirigido, en encontrar un conjunto de arcos artificiales, con costo total mínimo, tales que al añadirlos a G , hacen éste simétrico.

2.2.6. MÉTODOS HEURÍSTICOS

Según Taha [23] argumenta algunos lineamientos heurísticos que deberían ser tomados en consideración cuando se planean las rutas de recolección, son las siguientes:

- Existencia de políticas y regulaciones relativas a detalles como el punto de recolección y la frecuencia de recolección.
- Características de los vehículos como son el tamaño del equipo y el tipo de camión que deben ser coordinados.
- Cuando sea posible, las rutas deben ser planeadas para comenzar y terminar cerca de calles arteriales, usando barreras topográficas y físicas como fronteras de las rutas.
- En áreas de colina, las rutas deben comenzar en la parte alta y continuar colina abajo, de tal manera que, cuando el camión esté totalmente cargado no tenga necesidad de ir cuesta arriba.

- Las rutas deben ser planeadas para que el último contenedor a ser recolectado en la ruta esté localizado lo más cerca del sitio de disposición final.
- Los desechos generados en las localidades de tráfico congestionado, deberían ser recolectados lo más temprano del día que sea posible, o en un horario en el que el tráfico afecte lo menos posible el recorrido del vehículo.
- Las fuentes en las cuales cantidades extremadamente grandes de desechos sean generados, deben ser servidas durante la primera parte del día.
- En puntos dispersos, en donde pequeñas cantidades de desechos sólidos son generados y que reciben la misma frecuencia de recolección, deberán, si es posible, ser servidos durante un viaje o en el mismo día.

2.2.7. ArcGIS NEWWORT ANALYST

En el 2007, Barrientos [26] argumenta, que la ArcGIS esta basada en análisis de redes permite solucionar problemas como: ruteo, direcciones de viaje, facilidades más cercanas y análisis de problema de ruteo de vehículo.

ArcGIS Network Analyst puede encontrar la mejor manera de ir desde una ubicación a otra o de visitar diversas ubicaciones. Las ubicaciones se pueden especificar interactivamente colocando puntos en la pantalla, introduciendo una dirección o utilizando los puntos de una clase de entidad o capa de entidades existente. ArcGIS Network Analyst puede determinar la mejor secuencia de visita de varias locaciones. Facilita la creación de modelos en condiciones realistas como restricciones de cruces, límites de velocidad, restricciones de peso y condiciones de tráfico, tal como afirma Barrientos [26]

Network Analyst resuelve problemas de redes como encontrar la ruta más rápida o la más corta, la de menor costo, encontrar el vehículo o instalación de emergencia más cercana a un evento o accidente entre otros; proponiendo varias opciones, criterios, evaluadores y atributos que permiten modelar situaciones de la vida real [26].

Permite cinco tipos de análisis de redes de transporte mediante el uso de un Network Data Set; siendo estos:

- Route
- Closest Facility
- Service Area
- Origin- Destination (OD) Cost Matrix
- Vehicle routing problem

2.2.8. AUTOMATIC VEHICLE LOCATION (AVL)

Es un sistema mediante el cual, en un mapa digitalizado en una computadora, se puede monitorear y ubicar geográficamente un vehículo en tiempo real gracias a un Sistema de posicionamiento global “GPS”, tal como afirma Marquez [22].

2.2.9. EFECTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

Desechos sólidos constituyen una preocupación ambiental en nuestra sociedad, algunos de los efectos ambientales que se producen por la generación de los desechos.

En el 2003, Campos [27] argumenta lo siguiente, Primero ¿cuáles son los problemas ambientales que se presentan debido al desecho de materiales? Pues uno de ellos es la pérdida de energía, ya que los combustibles se utilizan para producir la mayoría de los bienes manufacturados, cuando se desechan dichos bienes, también se desecha la energía que se ha utilizado en su manufactura, ejemplo tenemos un lata de cerveza, la cual, al ser desechada como basura, equivale a desechar 175 ml de gasolina.

El segundo problema ambiental lo que representa la disminución de recursos naturales, los cuales se utilizan en la producción de bienes, que se desechan posteriormente. Un ejemplo claro es la utilización de árboles para la producción de papel, tal como afirma Campos [27].

Campos [27] sostiene, los residuos sólidos son un problema serio para la sociedad, puesto que el acumulamiento, la mala disposición y descomposición de estos significan problemas de salud para el ser humano. Se convierten en criaderos de moscas, cucarachas, roedores, zancudos y otros vectores, por medio de los cuales se transmiten al ser humano microorganismos patógenos, tales como los causantes de la tifoidea, disentería y triquinosis.

Por otra parte Campos [27] menciona que la descomposición de los residuos sólidos puede causar problemas de contaminación de los suelos, agua superficial y subterránea, especialmente en el caso de residuos peligrosos. Dentro de los residuos peligrosos tenemos los provenientes de hospitales, de industrias en donde se desechan sustancias tóxicas, o inclusive, material como bacterias que contienen metales pesados.

Finalmente, la basura mal dispuesta causa problemas estéticos de ornato.

III. RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL DISTRITO DE CHICLAYO.

3.1.1. DISTRITO DE CHICLAYO

El distrito de Chiclayo es uno de los veinte distritos de la provincia de Chiclayo, ubicada en el departamento de Lambayeque. Se ubica a 770 km de la ciudad de Lima. Limita por el norte con los distritos de Picsi, José Leonardo Ortiz y Lambayeque; por el sur con Zaña, Reque y La Victoria; por el este con Zaña; y, por el oeste con Pimentel y San José. Tiene una superficie territorial de 50,35 km² y se encuentra a 29 m.s.n.m. (Anexo 1).

El distrito cuenta con 3 centros poblados, centro poblado de Chiclayo, san Francisco de Asís y San Luis.

El distrito con mayor número de viviendas en la provincia de Chiclayo es Chiclayo, que concentra el 32,7% de las viviendas de la provincia; además el distrito que cuentan con mayor cantidad de viviendas con agua a través de red pública es Chiclayo con el 77,8%.

3.1.1.1. Población del distrito

En el distrito de Chiclayo se concentra la mayor parte de la población urbana, con 291 777 habitantes, el año 2015, de los cuales el 47,08% corresponde a hombres y 52,92% a mujeres, dispone de una densidad poblacional de 5 794, 98 hab./km², afirma INEI [28]. En la siguiente tabla 2, se observa el número de habitantes, desde el año 2005 al año 2015, crece año a año.

Tabla 2. Población del distrito de Chiclayo año 2005-2015

Año	Población
2005	270 694
2006	273 176
2007	275 514
2008	277 741
2009	279 891
2010	282 004
2011	284 084
2012	286 105
2013	288 063
2014	289 956
2015	291 777

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática [28], 2016.

Al realizar la proyección poblacional, esta se calculó mediante el método de regresión lineal, se ha determinado que para el año 2040, ésta ascenderá 343 249 habitantes, se observa en la tabla 3, es un factor muy importante para tomar decisiones acerca del nuevo plan de recolección de residuos sólidos. En

los Anexos 2 y 3, se muestran las gráficas de la población y también como se efectuó el cálculo para la proyección.

Tabla 3. Población proyectada hasta el año 2040

Año	Población (pronóstico)	Año	Población (pronóstico)
2005	270 694	2023	308 467
2006	273 176	2024	310 539
2007	275 514	2025	312 608
2008	277 741	2026	314 651
2009	279 891	2027	316 632
2010	282 004	2028	318 689
2011	284 084	2029	320 745
2012	286 105	2030	322 798
2013	288 063	2031	324 849
2014	289 956	2032	326 895
2015	291 777	2033	328 938
2016	294 333	2034	330 978
2017	296 309	2035	333 017
2018	298 301	2036	335 061
2019	300 308	2037	337 111
2020	302 327	2038	339 164
2021	304 359	2039	341 206
2022	306 405	2040	343 249

Fuente: Datos proyectados del INEI [28], 2016.

3.1.1.2. Actividad económica

Según el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Chiclayo [29] los sectores con mayor dinamismo y potencial en la economía chichlayana son: La agroindustria, el comercio y la construcción; sin embargo en la última década con los descubrimientos arqueológicos se ha reforzado la presencia de los servicios de hotelería y restaurantes los que muestran un potencial de desarrollo destacable del sector turismo. En [29] se explica las siguientes actividades económicas:

a) Sector agroindustrial

La actividad industrial en Chiclayo, se ha caracterizado históricamente por estar fuertemente vinculada a la agricultura, en especial al procesamiento de la producción departamental de caña de azúcar y a la molienda de arroz.

En los últimos años se ha diversificado con empresas agroindustriales procesadoras de alimentos diversos, como café, menestras, espárragos, etc. Se observa la presencia de estas procesadoras ubicadas en áreas extraurbanas cercanas a los cultivos, pero especialmente han aumentado su concentración a ambos lados de la autopista Chiclayo - Lambayeque.

b) Sector comercio

La ubicación estratégica de Chiclayo como zona de confluencia de agentes económicos de costa, sierra y selva explica su intensa actividad comercial, convertida en una de las ciudades más comerciales del Perú.

Por su fácil acceso, la ciudad de Chiclayo es la distribuidora de productos agroindustriales e industrial más importante de la región, convirtiéndose en un centro de atracción para la mano de obra y para los productos exportables, así como un emporio de consumo regional y local.

Entre los mercados y supermercados en nuestra localidad tenemos:

- Los mercados tradicionales: Históricamente en la ciudad de Chiclayo la actividad comercial ha tenido como espacios de transacciones dos de los mercados más importantes: El mercado modelo y el mercado central.
 - Tiendas comerciales: Tiendas Efe, tiendas Carsa, la Curacao, Mavila entre otras.
 - Las Galerías Comerciales: entre las más importantes podemos mencionar: Galerías Aguas Verdes, Polvos Celestes, Centro Comercial Plaza Cuglievan, La Fronterita entre otras.
 - Boticas: Boticas Arcángel, boticas Inkafarma, boticas Fasa, boticas Felicidad, BTL y boticas y Salud.
- Hipermercados y supermercados:
- Metro (CENCOSUD PERU): La cadena metro del grupo Cencosud
 - Mall Real Plaza: Primer Mall de Chiclayo - hipermercado Plaza Ve a en Chiclayo.
 - Mall Open Plaza: Donde se encuentran localizados las tiendas Tottus y Sodimac, ambos formatos del grupo Falabella se ubican en las intersecciones de la A. Haya de la Torre y Bolognesi Chiclayo.
 - Tiendas Ripley: Emplazada en el centro histórico de la ciudad Chiclayo.
 - Boulevard de Chiclayo: Ubicado en zona adyacente al Hospital de Essalud Chiclayo.

Es importante mencionar que la alta concentración de comerciantes en nuestra ciudad hacen que nuestra localidad sea perceptible al deterioro estético y más aún vulnerables a contraer enfermedades por la contaminación, debido a la constante acumulación de los residuos tales como papel, material inflamable, vidrio, plástico y residuo orgánico.

Los comerciantes informales son unos de los causantes, en generar mayor residuos y desechar en espacios públicos no permitidos en esta ciudad. A largo periodo de tiempo esto es un problema si no se toma las acciones correctas.

c) Sector turismo

La provincias de Chiclayo al igual que el distrito, cuenta con un gran potencial turístico a desarrollar, tiene atractivos naturales y culturales que son de gran valor paisajístico e histórico, posee una gran diversidad de productos

turísticos, que se convierten en una fortaleza, con capacidad de generar empleo y dinamismo económico, contribuyendo así al desarrollo económico de la ciudad. Estas actividades generadoras de empleo promovidas a través del turismo son: la artesanía, transporte y la prestación de servicios (hotelería y restaurant).

Los productos turísticos se pueden dividir en tres categorías:

- Turismo histórico, cultural o arqueológico
- Turismo de naturaleza (Ecoturismo)
- Turismo Religioso, místico y de culturas vivas.

De estas tres categorías, el primero, que corresponde al turismo histórico es el más desarrollado. Pero esta actividad está en serio peligro al haberse generado un mal aspecto, al tener una ciudad sucia y en donde sus habitantes hacen poco o nada por la preservación del medio ambiente. Ocasionando de esta manera que los turistas que visitan la provincia y sus distritos sean testigos presenciales de la contaminación, el cual es actualmente uno de los más grandes problemas que enfrentan las ciudades de los países en desarrollo, teniendo impactos negativos sobre la salud pública.

Los turistas son los expectantes de la basura acumulada en algunos lugares de la ciudad y en lugar de llevarse imágenes agradables de las zonas que visitan, sólo recordarán basurales con residuos que no solo han contaminado el suelo y el paisaje de la ciudad, sino que contaminan a la atmósfera con las quemaduras continuas, malos olores y la generación de partículas de sustancias contaminantes que además generaran vectores de contaminación permanentes.

Dirección Regional de Comercio y Turismo (DIRCETUR): Tiene como función el desarrollo integral del turismo impulsando servicios turísticos, comerciales y artesanales, mediante programas integradores, concertados y descentralizados. Por eso muestra su interés en la erradicación de la acumulación de residuos sólidos en lugares no aptos que trae consigo un impacto visual negativo, constituyendo un deterioro del paisaje; además de estar asociado a un importante riesgo ambiental para la población, el valor de los predios urbanos bajan su valía al estar cerca de áreas de acumulación de residuos sólidos.

d) Sector construcción

Es el sector de mayor crecimiento promedio anual (11,3%), que reforzada con la aparición de nuevas inversiones en construcción de viviendas así como en infraestructura pública y productiva, donde destaca la construcción de centros comerciales tipo MALL, la construcción de aulas en universidades privadas, y el boom de la vivienda económica, promovido la industrialización de procesos constructivos, (el fondo mi vivienda)

A medida que crece este sector, con la creación de nuevos condominios, residencias, etc. también es un problema para la recolección de los residuos, por lo que la municipalidad tendrá que contar con una flota de vehículos con más capacidad y más sofisticados.

3.1.1.3. Generación de residuos sólidos

De acuerdo al estudio de caracterización de residuos sólidos elaborado por la Gerencia de Desarrollo Ambiental-MPCH [30], la población del distrito tiene una GPC¹ de residuos sólidos de 0,58 kg/hab./día y se estima que la población del año 2017 es 296 309 habitantes, obteniendo como resultado una generación de residuos domiciliarios de 171, 86 t/día, que al incluir los residuos generados por otro tipo de fuentes como: comercios, restaurantes, hoteles, centros educativos, mercados, instituciones, camales y barrido de calles asciende a 253,26 t/día. Para el año 2040 la generación de residuos sólidos llegaría a 324,81 t/día. Tabla 4.

Tabla 4. Generación de residuos sólidos del distrito Chiclayo hasta el año 2040

Año	Población (pronóstico)	GPC (kg/hab./día)	Producción RS (t/día)	Otros residuos (t/día)	Total (t/día)
2016	294 333	0,58	170,71	79,59	250,30
2017	296 309	0,58	171,86	81,40	253,26
2018	298 301	0,58	173,01	83,26	256,27
2019	300 308	0,58	174,18	85,16	259,34
2020	302 327	0,58	175,35	87,11	262,46
2021	304 359	0,58	176,53	89,10	265,63
2022	306 405	0,58	177,71	91,13	268,84
2023	308 467	0,58	178,91	92,88	271,79
2024	310 539	0,58	180,11	94,84	274,95
2025	312 608	0,58	181,31	96,79	278,11
2026	314 651	0,58	182,50	98,74	281,23
2027	316 632	0,58	183,65	100,67	284,32
2028	318 689	0,58	184,84	102,59	287,43
2029	320 745	0,58	186,03	104,50	290,53
2030	322 798	0,58	187,22	106,42	293,65
2031	324 849	0,58	188,41	108,38	296,79
2032	326 895	0,58	189,60	110,30	299,90
2033	328 938	0,58	190,78	112,23	303,01
2034	330 978	0,58	191,97	114,15	306,12
2035	333 017	0,58	193,15	116,08	309,23
2036	335 061	0,58	194,34	118,01	312,35
2037	337 111	0,58	195,52	119,94	315,47
2038	339 164	0,58	196,71	121,87	318,59
2039	341 206	0,58	197,90	123,80	321,70
2040	343 249	0,58	199,08	125,73	324,81

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de residuos sólidos- MPCH [18], 2016.

¹ GPC: Generación per cápita, significa literalmente “por cada cabeza” utiliza para indicar la media por persona en una estadística social determinada.

Puntos Críticos de RRSS

Actualmente el distrito de Chiclayo, presenta problemas de acumulación de residuos sólidos en vías o espacios públicos, lo cual se han detectado 39 puntos críticos, los que no logran ser atendidas por el sistema de recolección. En la tabla 5, se observa el listado de puntos críticos, con sus coordenadas de ubicación en grados UTM, tal como afirma [18].

Tabla 5: Puntos críticos de residuos sólidos existentes en el distrito de Chiclayo.

N°	PUNTOS CRÍTICOS	ZONA UTM	COORDENADAS	
			Este (m E)	Norte (m S)
1	Av. Agricultura - salida a Ferreñafe	17 M	629846	9252687
2	Calle de la Esperanza, Upis Cruz de la Esperanza PJ Simón Bolívar	17 M	624558,83	9251959,19
3	AV. Jorge Chávez (Intersección Av. Nicolas de Piérola)	17 M	629330,08	9252279,83
4	Av. Jorge Chávez y Amazonas	17 M	629334	9251753
5	Av. Leguía y Angamos	17 M	627727,96	9252366,82
6	Av. Leguía (cuadra 22)	17 M	628706,24	9252286,8
7	Av. Garcilazo de la vega y AV. Grau	17 M	627704,7	9250508,23
8	Prolongación Av. Bolognesi (DRE)	17 M	627312,62	9250732,99
9	Ca. Pedro Cieza de León (Urb. Las brisas)	17 M	625363,83	9249944,6
10	Vía de evitamiento, Cruce de San José	17 M	623850	9251548
11	Vía de Evitamiento altura de Cerropón	17 M	624876	9249920
12	Vía de Evitamiento Sectores; Fernando Belaúnde Terry, Simón B	17 M	626978	9252164,75
13	Zona Norte del Parque Industrial	17 M	624044,01	9251429,86
14	Terrenos del MTC- Próximo al puente CTAR	17 M	624506,45	9263546,87
15	Lateral terrenos de Electronorte- Urb. Las Brisas	17 M	624690	9250478
16	Zona Norte de terrenos del Santuario Nuestra Señora la Purísima	17 M	624699,09	9251812,97
17	Parque Industrial - Colidante a Vía de Evitamiento	17 M	9250582,61	624576,44
18	Botadero Sálida Panamericana- Lambayeque	17 M	624573	9254147
19	Av. Chiclayo-Dren Chiclayo	17 M	630374,61	9252956,94
20	Mercado Moshoqueque, AV. México cuadra 20	17 M	630250,25	9252878,51
21	Esq. Zarumilla Mariano Melgar - PJ Simón Bolívar	17 M	624983,51	9251510,61
22	Urb. Satélite Napo	17 M	625171,62	9251382,76
23	Vía de Evitamiento - La Victoria	17 M	626953,13	9248082,06
24	Cercado Jockey Club. Calle Sinchi Roca y los Incas	17 M	627710,42	9249524,84
25	AV. Chinchaysuyo y Amarantos - Urb. Santa Victoria	17 M	627855,9	9249624,81
26	Parque Chinchaysuyo calle 8 Urb. Villareal	17 M	628767,4	9249918,41
27	AV. Agricultura y Jorge Chávez	17 M	629354,87	9252392,39
28	Calle 27 de Julio con cruce la Av. Agricultura	17 M	629844,43	9252659,88
29	Urb. F. Villareal cruce Av. Libertad con Av. Chinchaysuyo	17 M	628598	9249855
30	P.J. Pastos Bollano - Prolongación Bolognesi	17 M	625394,2	9249843,56
31	P.J. Ciudadela - Calle Loreto Prolongación Bolognesi	17 M	626603,73	9250432,44
32	Calle Margaritas con Av. Cajamarca	17 M	626537,37	9250997,41
33	P.J. 9 de Octubre (Av. Ejercito)	17 M	625690	9250796
34	Av. Pedro Zieza de León (Urb. Las Brisas)	17 M	625399	9250504
35	Av. Los Helechos Colinda	17 M	625916	9250431
36	Vía de Evitamiento (Sencico)	17 M	624504,88	9250739,22
37	Vía de Evitamiento- Psj. Virgen de la Paz	17 M	625633,3	9250167,56
38	P.J. San Julio y Urb. Las Brisas- AV. Los Helechos	17 M	625721,25	9250306,07
39	P.J La Ciudad del Chofer	17 M	624751	9252317

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos Chiclayo- MPCH [18], 2016

3.1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

3.1.2.1. Sistema de recolección

El servicio de recolección y barrido del distrito de Chiclayo, se encuentra bajo la responsabilidad Centro Gestión Ambiental Chiclayo (CEGACH), Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos (USGRRSS), trabajando conjuntamente con la Consultora de Implementación Chiclayo limpio, como se muestra en la figura 3.

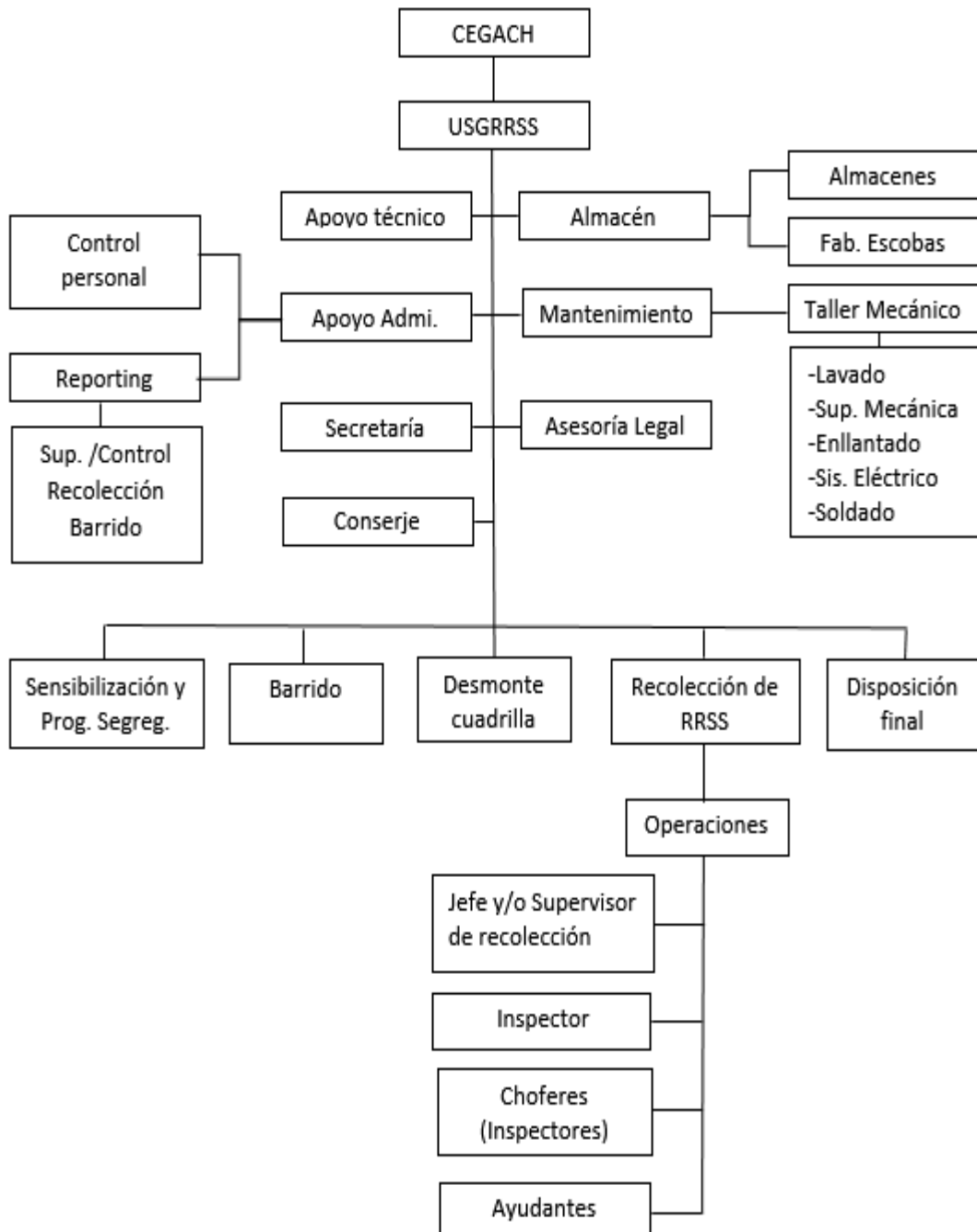


Figura 3. Organigrama del Sistema de Recolección distrito de Chiclayo

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

El funcionamiento del servicio de recolección de residuos sólidos que se emplea en el distrito, se describe de la siguiente manera:

a) Zonas (macro rutas)

La municipalidad para el recojo de la basura, ha dividido en 33 zonas (macro rutas) para brindar el servicio, de las cuales se ha determinado las zonas que necesitan de repaso por las compactadoras (Anexo 4). Cada zona se ha designado el número de compactadora, el chofer responsable y el turno en la que va a ser atendida.

b) Vehículos

Para el servicio de recolección de residuos sólidos se cuenta con 17 compactadoras operativas (Anexo 5). La tripulación de cada vehículo está a cargo de un chofer asignado con 2 o 4 ayudantes para recoger los residuos. Toda la flota de vehículos está a cargo de un Ing. Mecánico para el mantenimiento de las unidades.

c) Turno y personal

La jornada de trabajo es de 7 días a la semana, con 3 turnos al día; primer turno (4 am - 11 am), segundo turno (12 am - 7 pm) y tercer turno (9 pm - 3 am del siguiente día). En cada turno se cuenta un promedio de 18 a 21 choferes, 34 - 38 ayudantes, una persona asignada para controlar y dirigir al personal (Controlador) y aparte también se cuenta con controladores retenes.

d) Punto de estacionamiento, grifo y botadero

El local de estacionamiento y taller de la flota se ubica en la Av. Angamos, es el punto de inicio y final del recorrido de los vehículos, en este punto se lleva un registro de control de las unidades, choferes y ayudantes. En la Av. Sáenz Peña se encuentra el área administrativa de la unidad de servicio y gestión de residuos sólidos, almacén y grifo donde abastecen combustible los vehículos para el servicio de recolección.

El botadero donde se transportan los residuos sólidos se ubica en la salida del distrito de Reque a 22 km de nuestra ciudad.

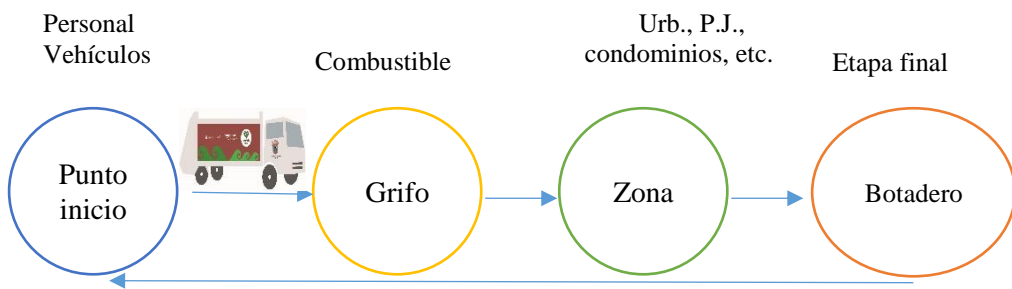
e) Monitoreo GPS

Actualmente el monitoreo de toda la flota de recolección de los residuos es a través de un sistema GPS incorporado en las unidades.

3.1.2.2. Recorrido de los vehículos para el recojo de basura

Se tiene como punto de partida y final del recorrido los vehículos compactadores, ubicado en la Av. Angamos, el grifo para abastecer combustible se ubica en Av. Sáenz Peña, la zona asignada para la recolección de los residuos y el botadero para hacer la descarga de los residuo, se encuentra en la salida Reque. Actualmente en los 3 turnos, los vehículos compactadores realizan dos tipos el recorrido, se representa de la siguiente manera.

1



2

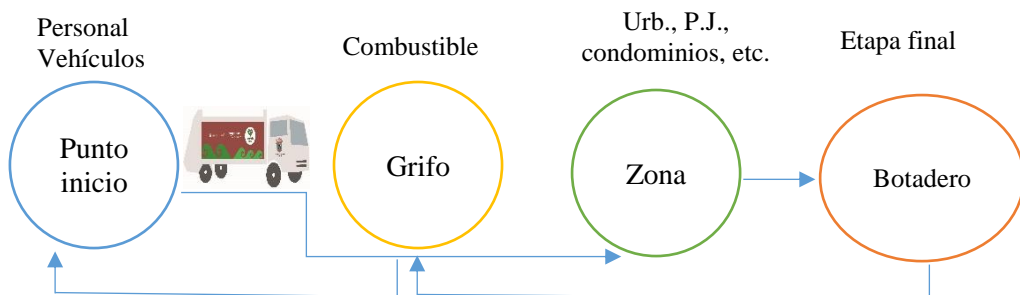


Figura 4. Modelos de recorrido de los vehículos para el recojo de basura

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

En las tablas 6, 7 y 8 se especifica los lugares de recorrido que comprende cada zona por el vehículo de recolección asignado, las mismas que han sido distribuidas por turnos.

Tabla 6. Recorrido de los vehículos compactadores en cada zona - primer turno

N° Turno	Horario	Vehículo			Zona de servicio
		Cantidad	Unidad	N°	
1	04 am -11 am	1	COMP.	92	Zona 2: Urb. San Lorenzo, Urb. Santa María, P.J. Santa Rosa, P.J. El Porvenir y P.J. Luis Heysen.
		1	COMP.	98	Zona 3: Urb. Primavera, Urb. San Isidro, Urb. Miraflores, P.J. Ampliación Túpac Amaru y Conjunto habitacional Augusto B. Leguía.
		1	COMP.	97	Zona 4: P.J. Túpac Amaru, Urb. Los Bancarios, Estadio Elías Aguirre y P.J. Ricardo Palma.
		1	COMP.	80	Zona 5: P.J. José Olaya, Lotización Patazca, Los Libertadores, Urb. Santiago Salaverry, Urb. Los precursores y Urb. Sta. Elena.
		1	COMP.	95	Zona 25: P.J. Viña del mar y Upis Cesar Vallejos.
		1	COMP.	96	Zona 26: Urb. Prog Sagrado Corazón de Jesús, Urb. Progresiva Uchofen, Urb. Santo Toribio, Urb. El Obrero, P.J. Puente Blanco y parte del P.J. Ampliación San Antonio.
		1	COMP.	94	Zona 27: P.J. Ampliación Fanny Abanto Calle, P.J. Fanny Abanto Calle y P.J. Jorge Chávez
		1	COMP.	82	Zona 28: Asentamiento Humano San Francisco, Urb. California, P.J. Las Vegas, P.J. Villa Progreso y Aeropuerto José Q. Gonzales.
		2	COMP.	17-26	Repaso centro de la ciudad: Zonas 18, 19, 21, 32 y parte de las zonas 20, 22 y 33
		1	COMP.	03	Asilo y galerías
		5	COMP.	93	Avenidas Principales de la ciudad

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - Municipalidad Provincial de Chiclayo [18], 2016.

Tabla 7. Recorrido de los vehículos compactadores en cada zona - segundo turno

N° Turno	Horario	Vehículo			Zona de servicio
		Cantidad	Unidad	N°	
2	12 pm -08 pm	1	COMP.	80	Zona 1: Urb. Cruz de Chalpón, Urb. Del Ingeniero II, Urb. El Carmen, Urb. Santa Ana y Urb. Derrama Magisterial.
		1	COMP.	26	Zona 6: Colegio Nacional San José, A.H. Elías Aguirre, Upis Adriano Baca Burga, P.J. José Olaya, P.J. San José Obrero, Urb. Felipe Salaverri, Upis Cruz del Perdón, P.J. Mariátegui.
		1	COMP.	17	Zona 7: P.J. El Molino, Upis Señor de los Milagros, Upis Las Américas y P.J. Jesús Nazareno, Urb. Ana de los Angeles, Urb. Sta. Ángela, Hipólito Unanue, Urb. San Felipe, parte de la Urb. San Borja, parte de la Urb. Los Jardines de Santa Rosa, Urb. Carmen Angélica y Urb. Polifar.
		1	COMP.	96	Zona 8: Colegio santa María Reina, Urb. Cafe Perú, Urb. D.A. Carrión, Urb. Las delicias, Urb. La Florida I, Urb. El Amauta, Urb. Los Jazmines, Urb. Los pinos de plata, Urb. La Florida II y Urb. Los Robles.
		1	COMP.	93	Zona 9: Urb. Las Palmas y Urb. La purísima
		1	COMP.	94	Zona 10: Pastor Boggiano, la Ciudadela, Upis 19 de setiembre, San Sebastián, A.H. Virgen de la Paz, parte de la Urb. Santa Alejandrina, San Julio y Espiga de Oro.
		1	COMP.	92	Zona 11: Ampliación Cruz del Perdón, Upis los Olivos, A.H. 9 de Octubre y San Miguel
		1	COMP.	97	Zona 12: Cementerio el Carmen, Urb. El Paraíso, Urb. Las Brisas y parte de la Urb. Sta. Alejandrina.
		1	COMP.	95	Zona 13: Jorge Basadre, Urb. Los Mochicas, Upis Fernando Belaunde, Urb. Santa Lila, Urb. 3 de Octubre y José Quiñones.
		1	COMP.	25	Zona 14: Urb. Remigio Silva, Urb. Del Ingeniero I, Senati y Sencico.
		1	COMP.	82	Zona 15: P.J. Simón Bolívar, P.J. Vista Alegre, P.J. Nueva Esperanza y Upis Cruz de la Esperanza.
		1	COMP.	98	Zona 16: Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, A.H. Luis A. Sánchez, Rosa Nelida Castillo, Upis Santo Toribio de Mogrovejo, A.H. 4 de Noviembre y Urbanización Ciudad del Chofer.
				1	COMP.
		1	COMP.	03	Asilo y galerías

Tabla 8. Recorrido de los vehículos compactadores en cada zona - tercer turno

N° Turno	Horario	Vehículo			Zona de servicio
		Cantidad	Unidad	N°	
3	09pm - 03am	1	COMP.	25	Zona 17: Lotización la Primavera, parte del P.J. El Porvenir Urb. La Primavera, Urb. Cuneo Salazar, Parte de la Urb. Chiclayo y Lotización Patazca.
		1	COMP.	20	Zona 18: Urb. Los Rosales, Parte de Upis Cois, Urb. San Luis, C.E.P. Manuel Pardo, parte del P.J. El Porvenir y Playa Arica.
		1	COMP.	26	Zona 19: Una parte de Upis de Cois, Asilo, Mercado modelo y alrededores de AV. Balta, Pedro Ruiz y Luis Gonzales.
		1	COMP.	04	Zona 20: Cois Este, P.J. José Balta y el Coliseo
		1	COMP.	94	Zona 21: Cercado, Mercado Central de Chiclayo, Ripley, Parque Principal de Chiclayo y Conjunto habitacional Pascual Saco.
		1	COMP.	92	Zona 22: Urb. San Juan, Municipalidad Providencial de Chiclayo y la Catedral
		1	COMP.	17	Zona 23: Urb. San Martin, Urb. Campodónico, P.J. Suazo, Piscina Municipal, Hospital Almanzor Aguinaga y Supermercado Makro.
		1	COMP.	97	Zona 24: P.J. López Albuja, P.J Ampliación Campodónico y P.J. San Antonio.
		1	COMP.	80	Zona 29: C.N. Karl Weiss, Centro Comercial Boulevard, Juan Mejía Baca, P.J. Muro, Centro Comercial Real Plaza, P.J. Diego Ferre y Upis Ciro Alegría.
		1	COMP.	93	Zona 30: Urb. Santa Victoria, Urb. San Eduardo, Open Plaza y Urb. Federico Villareal.
		1	COMP.	82	Zona 31: Urb. Arturo Cabrejos Falla y Urb. Los Abogados.
		1	COMP.	95	Zona 32: P.J. San Martin, P.J. Buenos Aires, P.J. San Francisco, Residencial Diego Ferre, P.J. Zamora y P.J. Chino.
		1	COMP.	96	Zona 33: Urb. Chiclayo, Residencia F.A.P, Colegio Sofía, Urb. Los Parques, Banco de la Nación y el Correo.
		1	COMP.	23	Mercado modelo
1	COMP.	03	Asilo Y Galerías		

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - Municipalidad Provincial de Chiclayo [18], 2016.

Mediante el sistema AVL (Sistema de localización vehicular automatizada), permite monitorear a la flota vehicular en tiempo real, a través de una aplicación Web. Se observó el recorrido de algunos vehículos compactadores dentro de zona (micro ruta), se identificó que los vehículos pasan 3 o 4 hasta más veces la misma Av. o calle, creando tiempos muertos y dejando ciertas áreas dentro de zona sin atender, este problema se genera debido a que no hay una microruta establecida dentro de la zona, por la cual los choferes deben seguir. En el anexo 6, 7, 8 y 9, se muestran figuras del recorrido de los vehículos compactadores en cada zona que fueron rastreados a través del sistema AVL.

3.1.2.3. Recolección de residuos a pie de vereda

La recolección de residuos sólidos empleada en el distrito de Chiclayo se denominada “Recolección ordinaria por sistemas de acera o esquinas”, los residuos sólidos se recogen utilizando vehículos compactadores y la intervención directa de una cuadrilla de recolectores capacitados para el efecto; siendo la característica principal de este tipo de servicio la manipulación directa de los residuos sólidos por parte de los trabajadores.

En este método denominado a pie de vereda o puerta a puerta, la recolección se efectúa cuando los residuos son dispuestos por los usuarios en la acera ubicada frente a sus domicilios, los obreros recogen los recipientes o fundas que han sido colocados sobre la vereda y disponen los mismos en la sección de carga del vehículo, como se puede observar en la figura 5.



Figura 5. Recolección de residuos a pie de vereda o esquinas empleada en el distrito de Chiclayo

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

Para este servicio, la municipalidad emplea compactadoras, en caso que alguna compactadora presente fallas o zonas muy cargadas de residuos se apoya con un volquete (servicio de apoyo).

3.1.2.4. Tiempos de recorrido de las compactadoras

Los tiempos de recorrido por las compactadoras, son tomadas desde que el vehículo sale del taller de estacionamiento y retorna a este punto.

Los tiempos de recorrido de cada compactadora, se muestran en las tablas 9, 10 y 11, cuyos valores son promedios para los tres turnos de trabajo, tomados de una base de datos de 4 días del mes de Junio de 2016; los valores están expresados en tiempo en el siguiente orden: h:min:s

En la tabla 9, se observa que la hora en la que inicia el recorrido la compactadora a la zona 2, es las 4 h 19 min de la mañana, llega a zona 4 h 57 min 45 s am, termina el recorrido en la zona a las 8 h 32 min 45 s am, llega al botadero a las 9 h 23 min 45 s donde realiza la descarga de los residuos, a las 9 h 42 min 01 s sale del botadero y termina su recorrido a las 10 h 41 min 02 s, generando un tiempo total de servicio de 6 h 22 min 02 s.

En la tabla 10, la hora en la que inicia el recorrido la compactadora en la zona 1, es las 12 h 34 min de la tarde, llega a zona 12 h 46 min 30 s pm, termina el recorrido en la zona a las 17 h 19 min 30 s, llega al botadero a las 18 h 12 min donde realiza la descarga de los residuos, a las 18 h 38 min 30 s sale del botadero y termina su recorrido a las 19 h 26 min, generando un tiempo total de servicio de 6 h 52 min.

En la tabla 11, la hora en la que inicia el recorrido la compactadora en la zona 17, es las 21 h 15 min de la noche, llega a zona 21 h 32 min 15 s pm, termina el recorrido en la zona a las 1 h 25 min 15 s am, llega al botadero a las 2 h 05 min donde realiza la descarga de los residuos, a las 2 h 15 min 15 s sale del botadero y termina su recorrido a las 2 h 56 min, generando un tiempo total de servicio de 05 h 41 min

Tabla 9. Tiempo de recorrido de los vehículos compactadores en cada zona (primer turno)

Turno 1 (4am-11am)

Zona	Inicio (h:min:s)	Inicio Zona (h:min:s)	Fin de Zona (h:min:s)	Llegada al botadero (h:min:s)	Salida del botadero (h:min:s)	Fin (h:min:s)	Tiempo total de servicio
2	4:19:00	4:57:45	8:32:45	9:23:45	9:42:01	10:41:02	6:22:02
3	4:16:16	4:30:18	9:15:17	9:55:23	10:11:57	11:09:15	6:52:59
4	4:10:59	4:16:31	9:10:34	9:59:29	10:25:58	10:59:59	6:49:00
5	4:15:15	4:27:15	9:00:15	9:43:22	10:04:30	10:45:45	6:30:30
25	4:36:41	5:27:04	9:28:22	10:16:01	10:43:01	11:06:55	6:30:13
26	4:14:00	4:22:23	8:57:51	9:41:16	10:12:16	10:42:10	6:31:18
27	4:11:03	4:41:45	9:04:18	9:51:03	10:17:15	11:05:15	6:54:12
28	5:04:28	6:09:30	9:03:45	9:48:45	10:08:30	10:48:15	5:43:47
Asilo y Galerías	4:17:46	5:32:23	9:43:27	10:22:54	10:52:59	11:23:02	7:05:16
Avenidas	4:28:54	4:49:13	8:26:54	9:03:11	9:30:44	10:41:36	6:12:42
Repaso	4:12:34	4:29:03	8:15:47	8:58:48	9:24:47	10:18:18	6:05:45
Promedio total	4:22:32	4:53:41	9:01:46	9:46:03	10:10:29	10:53:58	6:31:44

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo limpio [30], 2016.

Tabla 10. Tiempos de recorrido de los vehículos compactadores en cada zona (segundo turno)

Turno 2 (12pm-7pm)

Zona	Inicio (h:min:s)	Inicio Zona (h:min:s)	Fin de Zona (h:min:s)	Llegada al botadero (h:min:s)	Salida del botadero (h:min:s)	Fin (h:min:s)	Tiempo total de servicio
1	12:34:00	12:46:30	17:19:30	18:12:00	18:38:30	19:26:00	6:52:00
6	12:27:45	12:41:30	16:49:30	17:54:15	18:13:30	19:00:00	6:32:15
7	12:33:15	12:41:15	16:57:15	17:22:00	17:37:40	18:22:00	5:48:45
8	12:16:00	12:27:45	16:58:30	17:38:30	17:56:15	18:35:00	6:19:00
9	12:03:45	12:17:15	16:56:00	17:29:30	17:47:15	18:28:30	6:24:45
10	12:15:30	12:52:45	16:30:15	17:11:45	17:34:45	18:19:00	6:03:30
11	12:10:15	12:37:45	16:30:45	17:11:15	17:30:00	18:12:45	6:02:30
12	12:08:30	12:34:45	16:51:45	17:12:00	17:31:00	18:12:30	6:04:00
13	12:17:45	12:28:15	17:00:15	17:35:15	17:52:00	18:35:30	6:17:45
14	12:27:15	12:55:45	16:25:15	17:03:00	17:21:15	18:03:30	5:36:15
15	12:21:00	13:06:45	16:35:30	17:18:15	17:42:45	18:25:45	6:04:45
16	12:20:00	12:31:00	17:01:00	17:39:30	17:55:15	18:36:00	6:16:00
Ex Asilo	12:00:00			16:03:00	16:22:00	19:00:00	7:00:00
P. Arica	14:03:00	14:32:15	19:00:00			19:00:00	4:57:00
Prom. total	12:26:45	12:48:49	16:58:52	17:25:39	17:44:49	18:32:02	6:05:18

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo limpio [30], 2016.

Tabla 11. Tiempo de recorrido de los vehículos compactadores en cada zona (tercer turno)

Turno 3 (9 pm-3am)

Zonas	Inicio (h:min:s)	Inicio zona (h:min:s)	Fin de zona (h:min:s)	Llegada al botadero (h:min:s)	Salida del botadero (h:min:s)	Fin (h:min:s)	Tiempo total de servicio
17	21:15:00	21:32:15	1:25:15	2:05:15	2:15:15	2:56:15	05:41:15
18	21:24:30	21:37:00	2:00:00	2:35:00	2:53:00	3:15:15	05:50:45
19	21:09:46	21:35:31	1:55:00	2:45:00	2:54:00	3:22:15	06:12:29
20	21:15:48	21:35:18	1:27:45	2:10:45	2:20:45	2:55:45	05:39:57
21	21:19:11	21:35:11	1:51:46	2:34:46	2:48:46	3:06:30	05:47:19
22	21:09:00	21:33:00	1:25:30	2:40:30	2:50:30	3:12:15	06:03:15
23	21:14:30	21:38:00	2:21:45	2:55:45	3:08:45	3:30:30	06:16:00
24	21:14:31	21:25:16	1:52:00	2:15:00	2:40:00	3:13:15	05:58:44
29	21:12:30	21:33:15	1:36:15	2:10:15	2:56:15	3:29:30	06:17:00
30	21:17:30	21:30:30	1:44:00	2:42:00	2:58:00	3:17:45	06:00:15
31	21:21:15	21:46:15	2:12:00	2:37:00	2:58:00	3:28:30	06:07:15
32	21:13:00	21:53:15	2:00:45	2:32:45	2:43:45	3:13:45	06:00:45
33	21:15:15	22:00:45	2:15:00	2:43:00	3:00:00	3:26:15	06:11:00
Asilo y galerías	21:20:01	22:04:15	1:46:15	2:15:15	2:38:15	3:06:00	05:45:59
Mercado M.						2:44:00	02:44:00
Promedio total	21:15:51	21:39:59	1:50:57	2:30:10	2:47:31	3:13:41	05:57:50

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

3.1.2.5. Carga neta de residuos sólidos recolectados por los vehículos compactadores en cada zona

En la siguiente tabla 12 y 13, se muestran valores del peso promedio de los residuos sólidos en toneladas recolectados en cada zona, también residuos recolectados zonas de repaso y zonas que necesitan de apoyo, el pesado se realizó en una balanza electrónica a las compactadoras antes ingresar a su zona y después de haber recolectado los residuos, los valores han sido tomados del 3 al 6 noviembre 2015, del 2 al 3 y del 11 al 17 de diciembre 2015, y del 12 al 18 de abril 2016.

Tabla 12. Peso promedio de residuos sólidos recolectados en cada zona (t)

Zonas	Promedio de Peso neto (t)	Zonas	Prom. de peso neto (t)
1	5,34	18	6,37
2	5,07	19	5,40
3	6,10	20	6,36
4	6,08	21	5,56
5	5,71	22	5,43
6	6,61	23	5,27
7	5,78	24	5,84
8	4,82	25	5,52
9	3,89	26	3,86
10	4,28	27	5,44
11	5,82	28	6,16
12	6,78	29	6,10
13	5,26	30	6,28
14	5,18	31	5,84
15	4,27	32	5,71
16	4,19	33	5,76
17	5,99		

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio, [31], [30], 2015- 2016.

Tabla 13. Peso promedio de residuos sólidos recolectados en zonas repaso y apoyo (t)

Repaso y apoyo	Promedio de Peso neto (t)
Zona 6-7 Apoyo	3,820
Repaso Av. 9 de octubre, las América, prol. Bolognesi	4,940
Apoyo zona 6	4,725
Apoyo Asilo y carritos barrido	5,670
Repaso Av. Belaunde, vía evitamiento	5,030
Repaso Centro Chiclayo Zona 21	4,725
Apoyo Colegios varios	5,780
Repaso Grau, Campodónico	2,120
Repaso Hospital Regional-Mercedes-Residencial Bolog.	2,075
Repaso Playa Arica	5,650
Repaso zona 26	5,121
Repaso zona 24	6,020
Repaso Av. Agricultura	6,110
Repaso San Antonio Zona 25	5,300
Promedio total (t)	5,008

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo limpio [31], [30], 2015-2016.

Se brinda apoyo cuando la unidad destinada al servicio de recolección sufre fallas mecánicas, exceso de residuos, entre otros, se realiza de manera esporádica

Las zonas de repaso se realiza 2 veces a la semana, día lunes – viernes, motivos la unidad encargada de realizar la recolección, no efectúa la cobertura total de la zona, por pérdidas en tiempo en el ruteo.

Para el mismo periodo, en tabla 14 se detalla la distribución de toneladas por área y por zona (ruta).

Tabla 14. Distribución de toneladas por área por zona (ruta)

zonas	Promedio carga (t)	Área (km ²)	Carga por área (t/km ²)
1	5,34	1,85	2,89
2	5,07	0,48	10,56
3	6,10	0,59	10,34
4	6,08	0,79	7,70
5	5,71	0,58	9,84
6	6,61	0,68	9,72
7	5,78	0,71	8,15
8	4,82	0,64	7,54
9	3,89	2,44	1,60
10	4,28	0,50	8,55
11	5,82	0,43	13,54
12	6,78	0,85	7,97
13	5,26	0,53	9,92
14	5,18	0,68	7,61
15	4,27	0,64	6,67
16	4,19	0,78	5,37
17	5,99	0,55	10,88
18	6,37	0,42	15,16
19	5,40	0,24	22,49
20	6,36	0,26	24,47
21	5,56	0,37	15,02
22	5,43	0,33	16,45
23	5,27	0,55	9,59
24	5,84	0,41	14,24
25	5,52	0,45	12,27
26	3,86	0,38	10,15
27	5,44	0,56	9,71
28	6,16	4,33	1,42
29	6,10	0,50	12,20
30	6,28	0,55	11,42
31	5,84	0,56	10,43
32	5,71	0,52	10,98
33	5,76	0,58	9,93

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [31], [30], 2015-2016.

En tabla 15, se muestra el total de residuos sólidos recolectados por día y el promedio de 183 590,71 kg/día; además se tiene que la generación de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo para el año 2017 es de 253 260 kg/día. Con estos valores se procedió al cálculo de la cobertura de recolección en porcentaje (%). Tenemos la siguiente fórmula de la cobertura de recolección:

$$\text{Cobertura de recolección}\% = \frac{\text{Total de residuos recolectados /día}}{\text{Total de generación de residuos sólidos /día}} \times 100$$

Tabla 15. Peso neto recolectados por día, el promedio y la cobertura

Tipo de Vehículo	Compactadora	Tipo de vehículo	Compactadora
Peso neto	(kg)	promedio Peso neto	(kg)
Días	Suma de Peso neto	Días	Prom. de Peso neto
12/04/2016	231 095	12/04/2016	231 095
13/04/2016	180 260	13/04/2016	180 260
14/04/2016	215 540	14/04/2016	215 540
15/04/2016	180 050	15/04/2016	180 050
16/04/2016	156 680	16/04/2016	156 680
17/04/2016	145 670	17/04/2016	145 670
18/04/2016	175 840	18/04/2016	175 840
Suma total	1 285 135	Promedio total	183 590,7143

Fuente: Consultora

$$\text{Cobertura \%} = \frac{183\,590,714}{253\,260} = 72,49\%$$

Se observa que la cobertura del servicio de recolección es el 72,49%.

3.1.2.6. Capacidad neta máxima permisible para los vehículos recolectores y el promedio actual de consumo de combustible

Debido al desgaste de la maquinaria y la frecuencia de problemas mecánicos que presentan las unidades, respecto a la sobrecarga de toneladas de residuos sólidos recolectados, la gerencia de residuos sólidos ha establecido límites máximos de capacidad para las unidades, en la que los choferes deberán respetar y no sobrepasar dicho límite de carga neta.

En la tabla 16, se muestran los valores máximos permisibles de carga neta en toneladas y promedio de combustible consumido en gal / unidad turno.

También se puede observar que las compactadoras del año 1997,1998 y 2007 tienen permitido cargar hasta 6,5-7,5 toneladas y las compactadoras adquiridas el año 2015, hasta 6,5 toneladas de residuos sólidos, en exención

las compactadoras marca Izuso, que tienen mayor capacidad y tienen permitido cargar hasta 7,5 toneladas de residuo sólido.

Tabla 16. Capacidad neta permisible para los vehículos recolectores y Consumo de combustible

Ítem	Tipo	Nº	Marca	Año	Capacidad máxima (t)	Combustible (gal/turno)
1	COMP.	3	Mercedes Benz	1997	6,5 t	7-8 gal
2	COMP.	4	Mercedes Benz	1998	6,5 t	7-8 gal
3	COMP.	17	Mercedes Benz	1997	6,5 t	7-8 gal
4	COMP.	20	International	2007	7,5t	7-8 gal
5	COMP.	23	Mercedes Benz	2007	6,5t	7-8 gal
6	COMP.	25	Mercedes Benz	2007	6,5 t	7-8 gal
7	COMP.	26	Mercedes Benz	2007	6,5 t	7-8 gal
8	COMP.	80	Mitsubishi	2015	6,5 t	7-8 gal
9	COMP.	82	Mitsubishi	2015	6,5t	7-8 gal
10	COMP.	92	Mitsubishi	2015	6,5 t	7-8 gal
11	COMP.	93	Mitsubishi	2015	6,5 t	7-8 gal
12	COMP.	94	Mitsubishi	2015	6,5 t	7-8 gal
13	COMP.	95	Mitsubishi	2015	6,5 t	7-8 gal
14	COMP.	96	Mitsubishi	2015	6,5 t	7-8 gal
15	COMP.	97	Mitsubishi	2015	6,5 t	7-8 gal
16	COMP.	98	Isuzu	2015	7,5 t	7-8 gal
17	COMP.	99	Isuzu	2015	7,5t	7-8 gal

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos – MPCH [18], 2016.

3.1.2.7. Kilómetros de recorrido de cada compactadora

La distancia de recorrido de las compactadoras es un indicador importante.

Este indicador es tomado de los reportes que presentan los choferes en cada turno. Estos valores presentes en la tabla 17, son valores promedios tomados de una base de datos de 7 días.

A continuación en la tabla 17, se observa que la compactadora 80 en el turno mañana recorre un promedio de 71,54 km, en la tarde 76,93 km y en el turno noche 71,36 km.

Problemas de mantenimiento de los vehículos: Compactadores en su trayectoria se malogran.

- Desgaste neumáticos (más de lo habitual)
- Problemas en el lineamiento de los ejes
- Problemas en rodamientos debidos a mal engrase (grasa no adecuada, e instrucciones no respetadas en cuanto a la cantidad y forma de realizar el engrase)
- Fugas de líquidos y gases por reutilización de elementos de estanqueidad ya usados

Problemas del personal:

- Personal no llega en el tiempo indicado para iniciar el recorrido.
- Los choferes no realizan el recorrido de zona asignada, ocasionando desorden entre los choferes y sus zonas, además de dejar calles sin atender.
- Los choferes no respetan los límites de las zonas asignadas, complicando el ruteo y el replanteamiento de la zonificación.
- Las compactadoras recogen residuos peligrosos de hospitales, clínicas y veterinarias.
- Los choferes en el recorrido de su zona pasan 3 o 4 veces la misma Avenida o calle.
- En el recorrido los choferes hacen paradas con un tiempo 10 o 20 minutos generando tiempos muertos.
- Los ayudantes de las compactadoras, están yendo al botadero, junto con el chofer.

Problemas en las zonas de recorrido

- Muchos puntos dentro de las zonas se acumula mucha basura, los vehículos tienen la tolva llena antes de terminar de recorrer su zona.
- La municipalidad ha determinado zonas (macrorutas) que es el área o superficie que deben cumplir todos los vehículos de recolección y no el recorrido específico (microruta dentro de la zona) que deben cumplir donde han sido asignados.

Problemas de logística

- Antes de realizar su zona los vehículos abastecen de combustible demoran 15 o 30 minutos.

3.1.3. COSTOS ACTUALES DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

3.1.3.1. Costos

a. Costos de mano de obra

Actualmente la municipalidad provincial del Chiclayo, para el servicio de recolección en el distrito cuenta con personal en los 3 turnos.

Cada turno cuenta Choferes, ayudantes, controladores y un supervisor general. De esta manera como se puede apreciar en la tabla 18, un ayudante anualmente genera un costo promedio de 18 836,40 soles, un chofer 30 997,96 soles, un controlador 23 686,22 y el supervisor 30 294,52 soles.

Tabla 18. Costos de mano de obra (Diciembre 2016)

	Ayudante	Chofer	Controlador	Supervisor
Pago Mensual (S/)	1 350,25	2 245,80	1 707,38	2194,00
N° de sueldos al año	12	12	12	12
Pago anual bruto (S/)	16 203	26 949,6	20 488,56	26328
Bonificación escolaridad	500	500	500	500
Bonif.Día trab.Mun. (32%)	432,08	718,66	546,36	702,08
Gratificación Julio (9%)	121,52	202,12	153,66	197,46
Gratificación Diciembre (9%)	121,52	202,12	153,66	197,46
ESSALUD (9%)	1 458,27	2 425,46	1 843,97	2369,52
Pago anual neto (S/)	18 836,40	30 997,96	23 686,22	30 294,52

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

• Costo de mano de obra (primer turno)

El primer turno cuenta, con 21 choferes, 38 ayudantes y dos controladores, generan un costo total anual de 1 414 112,69 soles. Se muestra en la tabla 19

Tabla 19. Costo de mano de obra primer turno (Diciembre 2016)

	Ayudantes	Chofer	Controlador	Total
Pago anual neto (S/)	18 836,40	30 997,96	23 686,22	73 520,58
Trabajadores /1 ^{er} turno	38	21	2	61
Pago anual neto 1 ^{er} turno (S/)	715 783,01	650 957,24	47 372,44	1 414 112,69

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

• Costo de mano de obra (segundo turno)

El segundo turno está distribuido de la forma siguiente, 18 Choferes, 34 ayudantes y 2 controladores. De esta manera como se puede apreciar en la tabla 20, el total de ayudantes genera un costo de 640 437,43 soles, choferes

557 963,35 soles y controladores 47 372,44 soles sumando un costo total anual de 1 245 773,22 soles.

Tabla 20. Costo de mano de obra segundo turno (Diciembre 2016)

	Ayudantes	Choferes	Controlador	Total
Pago anual neto (S/)	18 836,40	30 997,96	23 686,22	73 520,58
Trabajadores /2 ^{do} turno	34	18	2	54
pago anual neto 2 ^{do} turno (S/)	640 437,43	557 963,35	47 372,44	1 245 773,22

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

- **Costo de mano de obra (tercer turno)**

El tercer turno está distribuido al igual que el segundo turno. De esta manera como se puede apreciar en la tabla 21, generan un costo total anual de 1 245 773,22 soles.

Tabla 21. Costo de mano de obra tercer turno (Diciembre 2016)

	Ayudantes	Choferes	Controlador	Total
Pago anual neto (S/)	18 836,40	30 997,96	23 686,22	73 520,58
Trabajadores /3 ^{er} turno	34	18	2	54
Pago anual neto 2 ^{er} turno (S/)	640 437,43	557 963,35	47 372,44	1 245 773,22

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

b. Costos de combustible

Para el servicio de recolección se tienen 17 compactadoras operativas, distribuidas su zona asignada en los tres turnos, se tiene que el rendimiento es de 10 km/gal y el precio del galón de combustible es de 12,39 soles, valores brindados por la Consultora Chiclayo Limpio. Los costos que aproximadamente se generan en el consumo de combustible de cada turno son los siguientes:

- **Costo de combustible de las compactadoras (Primer Turno)**

El primer turno consta de 12 compactadores, en el diagnóstico se logró tomar lectura del kilometraje de recorrido de las compactadoras nuevas, a través de los reportes que entregan los choferes y lecturas GPS. Las unidades antiguas (17, 23, 3, 25, 20, 26 y 4) el odómetro (mide la distancia) no funciona y no se puede tomar lectura del kilometraje recorrido, pero en el reporte diario que los choferes entregan reportan un promedio de 7,5 gal/turno que se consume.

El primer turno genera un costo diario promedio de 1 101,04 soles y anual se genera un costo aproximado de 401 878,63 soles. Tabla 22

Tabla 22. Costo de combustible Primer Turno (Diciembre 2016)

Vehículo N°	km recorrido	Rendimiento (km/gal)	Galones día	soles /gal	Costo diario(S/)	Costo anual (S/)
92	71,42	10	7,14	12,39	88,49	32 298,62
98	70,5	10	7,05	12,39	87,35	31 882,57
97	72,45	10	7,25	12,39	89,77	32 764,43
80	71,54	10	7,15	12,39	88,64	32 352,89
95	73,33	10	7,33	12,39	90,86	33 162,39
96	71,51	10	7,15	12,39	88,60	32 339,32
94	78,13	10	7,81	12,39	96,80	35 333,12
82	82,34	10	8,23	12,39	102,02	37 237,03
93	72,43	10	7,24	12,39	89,74	32 755,38
26	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
3	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
17	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
Total (S/)					1 101,04	401 878,63

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos y Consultora Chiclayo Limpio [18], [30].

• **Costo de combustible de las compactadoras (Segundo Turno)**

Para el segundo turno se cuentan con 14 compactadoras distribuidas en las diferentes zonas para brindar el servicio de recolección. El costo aproximado de consumo de combustible diario de las 14 unidades asciende a 1 284,43 soles y anualmente sería de 468 818,46 soles. Tabla 23

Tabla 23. Costo de combustible Segundo Turno (Diciembre 2016)

Vehículo N°	km recorrido	Rendimiento (km/gal)	Galones día	soles /gal	Costo diario(S/)	Costo Anual (S/)
80	76,93	10	7,69	12,39	95,32	34 790,44
96	69,97	10	7,00	12,39	86,69	31 642,88
93	72,73	10	7,27	12,39	90,11	32 891,05
94	69,83	10	6,98	12,39	86,52	31 579,57
92	73,01	10	7,30	12,39	90,46	33 017,68
97	73,27	10	7,33	12,39	90,78	33 135,26
95	76,45	10	7,65	12,39	94,72	34 573,37
82	70,81	10	7,08	12,39	87,73	32 022,76
98	78,67	10	7,87	12,39	97,47	35 577,33
25	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
23	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
3	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
26	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
17	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
Total (S/)					1 284,43	468 818,46

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos y Consultora Chiclayo Limpio [18], [30].

- **Costo de combustible de las compactadoras (Tercer Turno)**

Para el recorrido del tercer turno, se tienen 15 unidades que recorren las distintas zonas, el costo diario aproximado que generan asciende a 1 357,40 soles, con un costo anual de 495 450,58 soles. Se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Costo de combustible tercer Turno (Diciembre 2016)

Vehículo N°	km Recorrido	Rendimiento (km/gal)	Galones día	soles /gal	Costo diario(S/)	Costo anual (S/)
94	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
92	72,6	10	7,26	12,39	89,95	32 832,26
80	71,36	10	7,14	12,39	88,42	32 271,49
93	73,67	10	7,37	12,39	91,28	33 316,15
82	67,03	10	6,70	12,39	83,05	30 313,31
95	69,71	10	6,97	12,39	86,37	31 525,30
97	70,23	10	7,02	12,39	87,01	31 760,46
96	70,96	10	7,10	12,39	87,92	32 090,60
17	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
23	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
3	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
25	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
20	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
26	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
4	75	10	7,50	12,39	92,93	33 917,63
Total (S/)					1 357,40	495 450,58

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos y Consultora Chiclayo Limpio [18], [30].

c. Costo de herramientas empleadas en el recojo de basura

Los ayudantes hacen uso de herramientas como palas y rastrillos, estas herramientas son utilizadas en puntos donde hay mayor aglomeración de residuos. El costo anual asciende a 2 268 soles. Se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Costo anual de herramientas empleadas en el recojo de basura (Diciembre 2016)

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/)	Costo total (S/)
Pala cuchara	unidad	60	22,9	1 374
Rastrillos	unidad	60	14,9	894
Total (S/)				2 268

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

d. Costo de herramientas empleadas en los vehículos compactadores

Los costos de herramientas, comprende juego de llaves, desarmadores, una gata hidráulica, entre otros, son empleadas cuando los vehículos presentan fallas durante el recorrido, el costo total por los 17 juegos asciende a 5 950 soles, con costo unitario para cada juego 350 soles. Tabla 26

Tabla 26. Costo de herramientas empleadas en los vehículos (Diciembre 2016)

Descripción	Unidad	cantidad	costo unitario (S/)	costo Total (S/)
Juego de herramientas (llaves, desarmadores, gata hidráulica, otros)	Unidad	17	350	5 950

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

e. Costo equipos de protección al personal (EPP)

El costo anual de los equipos de protección para los choferes y ayudantes que operan en el servicio de recolección asciende a 86 302 soles. Se detallan en la tabla 27.

Tabla 27. Costo anual de equipos de protección al personal (Diciembre 2016)

Descripción	Unidad	cantidad	costo unitario (S/)	costo Total (S/)
pantalón	unidad	250	44	11 000
polos	unidad	250	54,9	13 725
Chaleco reflectivo	unidad	180	38,9	7 002
Lentes	unidad	200	9	1 800
Guantes Respirables	unidad	325	15	4 875
Guantes de cuero reforzados	unidad	180	65	11 700
Botín de cuero	pares	200	100	20 000
Botas de jebe	pares	200	60	12 000
Gorro	unidad	250	9	2 250
Mascarilla Drill	unidad	325	6	1 950
Total (S/)				86 302

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

f. Costo de mantenimiento

El costo de mantenimiento, incluye insumos como tipos de aceite para la lubricación de las partes del vehículo y repuestos como: válvulas, frenos, llantas, baterías, filtros, ejes, entre otros, el costos promedio anual de mantenimiento para las 17 unidades asciende a 300 000 soles. Tabla 28

Tabla 28. Costo anual de mantenimiento de los vehículos compactadores (Diciembre 2016)

Descripción	Total (S/)
Insumos y repuestos (lubricantes, frenos, válvulas, filtros, radiador, motor, llantas, ejes, intermitentes, pernos, otros)	300 000

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

g. Otros costos

Otros costos comprende costos administrativos, costos de servicio luz, entre otros, asciende a 1 029 025, 23 soles al años. Se muestra en la tabla 29.

Tabla 29. Otros costos (Diciembre 2016)

Descripción	Total (S/)
Personal administrativo - Gerencia Servicios	312 201,53
Servicio Luz, Agua y teléfono	15 327
Salarios personal - taller mecánica	648 586,00
Personal Grifo	52 910,7
Total (S/)	1 029 025,23

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

Tabla 30. Resumen total de costo anual del servicio de recolección

En la tabla 30, se puede apreciar los costos totales que se originan en el servicio de recolección de residuos sólidos, ascienden a un total promedio de 6 725 646,56 soles al año.

Costos total mano de obra (S/)	3 935 953,66
Costo total combustible (S/)	1 366 147,67
Costo total de herramientas empleadas recojo de basura (S/)	2 268
Costo total de herramientas empleadas en los vehículos (S/)	5 950
Costo total de equipos de protección (S/)	86 302
Costo total de mantenimiento (S/)	300 000
Otros costos (S/)	1 029 025,23
Costo total anual (S/)	6 725 646,56

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos y Consultora Chiclayo Limpio [18], [30], 2016.

3.1.4. IMPACTOS AMBIENTALES

En la tabla 31, se muestran los impactos al ambiente y a la salud de las personas, de manera general por cada etapa del manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Chiclayo.

Tabla 31. Impactos ambientales del manejo de residuos sólidos en la localidad de Chiclayo.

Variables Ambientales	Características	Etapa	Situación Actual
Medio Físico			
Suelo	El tipo de suelo es predominante arcilloso y la topografía de pendiente moderada	Almacenamiento	Acumulación de residuos en vías, y puntos críticos sobre suelo desnudo.
		Disposición final	La disposición en el botadero de Reque ha ocasionado contaminación del sub suelo.
Agua	La capa freática se encuentra a más de 70 metros	Disposición final	No se ha comprobado la contaminación de las aguas subterráneas debido a su profundidad.
		Almacenamiento	Contaminación de los cuerpos de agua, acequias, canales y ríos.
Aire	Los vientos son moderados	Almacenamiento y disposición final	La presencia de puntos críticos y botaderos a cielo abierto genera olores y gases contaminantes. Dispersión de los residuos livianos como bolsas y papeles deterioran el ornato de la ciudad.
		Disposición final	Quema de residuos en el botadero de Reque.
Paisaje	Urbe	Almacenamiento	Puntos críticos que disminuyen el atractivo de la ciudad
	Desierto	Disposición final	Espacio impactado por la inadecuada disposición
Medio Biológico			
Vegetación	No existen áreas de conservación cercanas. No existen especies de flora endémicas ni el peligro de extinción.	Almacenamiento	La vegetación del área ha sufrido problemas ambientales ocasionados por la inadecuada gestión de residuos sólidos
Fauna	No existen áreas de conservación cercanas. No existen especies de fauna endémicas ni el peligro de extinción.	Almacenamiento	Existe presencia de perros callejeros que se alimentan de residuos acumulados en las vías públicas, principalmente en los puntos críticos.
		Disposición final	Se ha incrementado la presencia de roedores y canes por la inadecuada disposición final.
Medio Social			
Social	La tasa de crecimiento es de 1, 27%	Generación	La generación residuos sólidos es proporcional con el crecimiento de la población.
		Transporte y recolección	Afectación de las actividades económicas por la ausencia de recolección de residuos sólidos.
	Deficiente supervisión y control en la segregación de materiales reciclables y orgánicos.	Disposición final	Segregación informal en condiciones de insalubridad, causa el riesgo de contraer enfermedades infectocontagiosas
Cultural	La población mayoritaria carece de buenas prácticas para el manejo de los residuos sólidos y participación ciudadana	Barrido y recolección	Dificultan las labores del servicio de limpieza pública por la incorrecta evacuación de sus residuos sólidos, deteriorando el ambiente.
		Transporte y recolección	Posibles enfermedades por el manejo directo de los residuos para su movilización.
		Almacenamiento	Los malos hábitos de la población y la constante formación de puntos críticos de acumulación de residuos, hacen que las ciudades se encuentren sucias.

Fuente: Gerencia de Desarrollo Ambiental y Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos-MPCH [18], 2016.

3.1.4.1. Identificación y caracterización de los impactos ambientales

De los impactos ocasionados en el manejo de residuos de sólidos en el distrito de Chiclayo, se procedió con la elaboración de la matriz de Leopold, como primer paso se necesita:

A. Identificación de los componentes

Los impactos ocasionados para la presente investigación son pronosticados por medio de la metodología de matrices ambientales, ya que es una de las formas de evaluación cualitativa más apropiada para este tipo de proyectos y se adopta debido a la limitada cantidad de datos ambientales que existen en el área de influencia de la investigación. Los argumentos ambientales son: información recabada en las inspecciones técnicas y demás observaciones de campo, los mismos que han servido para identificar y evaluar los impactos del proyecto.

- **Identificación de componentes ambientales**

Como primer paso, se identificaron los componentes ambientales que podrían ser afectados

Tabla 32. Componentes Ambientales afectados

Factores Abióticos	
Atmósfera	Olor
	Ruido
Agua	Sistema de abastecimiento de agua potable
	Cuerpo de Agua (acequias, canales, etc.)
suelo	Residuos orgánicos
	Residuos inorgánicos
Factores Bióticos	
Vegetación	Vegetación terrestre
Fauna	Roedores
	insectos
	Perros callejeros
	Aves carroñeras
Factores Estéticos	
Estético	Paisaje Urbanístico
Factores Socioeconómicos	
	Empleo
Socio Económico y Cultural	Actividades diarias
	Número de Habitantes-crecimiento
	Cobertura y calidad en los servicios Públicos
	Flujo vehicular
	Salud

- **Actividades o etapas que se desarrollan en manejo de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo**

Se identificaron todas las etapas que se desarrollan en el manejo de los residuos sólidos Urbanos en el distrito de Chiclayo que pudieran impactar uno o más de los componentes ambientales listados anteriormente.

Se muestran a continuación las etapas siguientes:

1. Generación de residuos sólidos
2. Almacenamiento temporal de residuos sólidos
3. Recolección y transporte de residuos sólidos
4. Disposición final

B. Identificación de los impactos

Del procedimiento desarrollado, se desprenden los principales impactos presentes en las siguientes interacciones de factores y acciones consideradas.

Tabla 33. Matriz de Identificación de impactos

		ACCIÓN				Número de interacciones	
		Generación	Almacenamiento	Recolección y transporte	Disposición final		
Factores Ambientales	Atmósfera	Olor		X	X	X	3
		Ruido		X	X	X	3
	Agua	Sistema de abastecimiento de A.P					
		Cuerpos de agua (Acequias, canales, etc)		X		X	2
	Suelo	Residuos S.O		X		X	2
		Residuos S.I		X		X	2
	Vegetación	vegetación terrestre		X	X	X	3
	Fauna	Roedores		X		X	2
		Insectos		X		X	2
		Perros callejeros		X			1
		Aves Carroñeras				X	1
	Estético	Paisaje urbanístico		X	X	X	3
	Socio Económico y Cultural	Empleo		X	X	X	3
		Actividades diarias			X		1
		Número de habitantes	X				1
		Cobertura y calidad en Servicio P.	X	X	X		3
		Flujo vehicular			X		1
		Salud		X	X	X	3
	Número de interacciones		2	13	9	12	36

- **Interacciones de los factores afectados**

Del total de las 36 interacciones, los factores con mayor número de interacción son: Olor, Ruido, Salud, residuos sólidos orgánico e inorgánicos; roedores e insectos, según muestra la siguiente tabla.

Tabla 34. Número de interacciones de los elementos afectados

Factores	Número de Interacciones
Olor	3
Ruido	3
Vegetación terrestre	3
Paisaje Urbanístico	3
Empleo	3
Cobertura y calidad servicio P.	3
Salud	3
Cuerpos de agua	2
Residuos S.O	2
Residuos S.I	2
Roedores	2
Insectos	2
Perros callejeros	1
Aves carroñeras	1
Actividades diarias	1
Número de habitantes	1
Flujo vehicular	1

- **Interacciones de las acciones del proyecto**

En cuanto a las acciones tenemos: el almacenamiento de residuos sólidos, disposición final, y recolección y transporte de residuos sólidos, como las de mayor número de interacciones en el proyecto.

Tabla 35. Acciones y su número de interacciones

Acciones	Número de Interacciones
Almacenamiento	13
Disposición final	12
Recolección y transporte	9
Generación	2

C. Valoración de los impactos ambientales identificados

Para la evaluación de los impactos, se ha utilizado la matriz y el Método de Leopold. La que constituye una matriz de causa – efecto que puede ajustarse a distintas etapas de un proyecto o actividad. Este sistema es de gran utilidad para valorar cualitativamente.

Esta matriz de interacción permite determinar las acciones de las actividades, que afectan a los recursos naturales, es importante debido a que proporciona una idea general entre las acciones y los componentes ambientales; para luego confrontarlas.

En segundo término, se determina la importancia de cada interacción dentro del contexto general.

Posteriormente se reconoce la magnitud con valores asignados al efecto o daño causado por la acción dentro del componente ambiental que puede ser positivo o negativo, y de valores de importancia, como parámetro de evaluación de la matriz de Leopold se utiliza una escala del 1 al 10, tanto para magnitud como importancia. Tabla 36.

Finalmente la comprobación de la matriz identifica si las acciones son ambientalmente positivas o negativas.

A través de la metodología descrita se construyó la matriz de Leopold modificada, para la situación actual. La comparación entre ambas matrices facilita la comprensión de la evaluación de los impactos. La matriz se muestra en la tabla 37.

Tabla 36. Parámetros de evaluación de la Matriz de Leopold

Magnitud			Importancia		
Calificación ±	Entidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia
1	baja	baja	1	Temporal	Puntual
2	baja	Media	2	Media	Puntual
3	baja	Alta	3	Permanente	Puntual
4	Media	Baja	4	Temporal	Local
5	Media	Media	5	Media	Local
6	Media	Alta	6	Permanente	Local
7	Alta	baja	7	Temporal	Regional
8	Alta	Media	8	Media	Regional
9	Alta	Alta	9	Permanente	Regional
10	Muy alta	Alta	10	Permanente	Nacional

Fuente: Recalde *et al.* [32], 2009.

Tabla 37. Matriz de valoración de Leopold

			ACCIÓN				Afectaciones						
			Generación	Almacenamiento	Recolección y transporte	Disposición final	Afectaciones positivas	Afectaciones Negativas	Número de interacciones	Valor de cada celda	Valor máximo de afectaciones al medio	Agregación de impactos	% de afectación al medio
Factores Ambientales	Atmósfera	Olor	0/0	-9/3	-5/3	-10/3	0	3	3	100	300	-72	-24
		Ruido	0/0	-9/3	-9/3	-9/3	0	3	3	100	300	-81	-27
	Agua	Sistema de abastecimiento de A.P	0/0	0/0	0/0	0/0	0	0	0	100	0	0	0
		Cuerpos de agua (Acequias, canales, etc)	0/0	-5/6	0/0	-5/6	0	2	2	100	200	-60	-30
	Suelo	Residuos S.O	0/0	-9/3	0/0	-10/6	0	2	2	100	200	-87	-43.5
		Residuos S.I	0/0	-9/3	0/0	-10/6	0	2	2	100	200	-87	-43.5
	Vegetación	vegetación terrestre	0/0	-5/3	-2/3	-9/6	0	3	3	100	300	-75	-25
	Fauna	Roedores	0/0	-2/2	0/0	-10/3	0	2	2	100	200	-34	-17
		Insectos	0/0	-5/3	0/0	-10/3	0	2	2	100	200	-45	-22.5
		Perros callejeros	0/0	-1/1	0/0	0/0	0	1	1	100	100	-1	-1
		Aves Carroñeras	0/0	0/0	0/0	-2/3	0	1	1	100	100	-6	-6
	Estético	Paisaje urbanístico	0/0	-8/3	5/3	-10/3	1	2	3	100	300	-39	-13
	Socio Económico y Cultural	Empleo	0/0	2/6	5/6	2/6	3	0	3	100	300	54	18
		Actividades diarias	0/0	0/0	-2/3	0/0	0	1	1	100	100	-6	-6
		Número de habitantes	-5/6	0/0	0/0	0/0	0	1	1	100	100	-30	-30
		Cobertura y calidad en Servicio P.	-5/6	-5/6	-5/6	0/0	0	3	3	100	300	-90	-30
		Flujo vehicular	0/0	0/0	-2/2	0/0	0	1	1	100	100	-4	-4
	Salud	0/0	-8/3	-8/3	-8/3	0	3	3	100	300	-72	-24	
Afectaciones	Afectaciones positivas		0	1	2	1	4						
	Afectaciones Negativas		2	12	7	11		32					
	Número de interacciones		2	13	9	12			36				
	Valor de cada celda		100	100	100	100							
	Valor máximo de afectaciones al medio		200	1300	900	1200				3600			
	Agregación de impactos		-60	-239	-67	-369					-735		
	% de afectación al medio		-30.0	-18.4	-7.4	-30.8						-20.4	

Tabla 38. Matriz de evaluación de los impactos ambientales

		AFECTACIONES				
		Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Número de interacciones	Agregación de impactos	
Factores Ambientales	Atmósfera	Olor	0	3	3	-72
		Ruido	0	3	3	-81
	Agua	Sistema de abastecimiento de A.P	0	0	0	0
		Cuerpos de agua (Acequias, canales, etc)	0	2	2	-60
	Suelo	Residuos S.O	0	2	2	-87
		Residuos S.I	0	2	2	-87
	Vegetación	vegetación terrestre	0	3	3	-75
	Fauna	Roedores	0	2	2	-34
		Insectos	0	2	2	-45
		Perros callejeros	0	1	1	-1
		Aves Carroñeras	0	1	1	-6
	Estético	Paisaje urbanístico	1	2	3	-39
	Socio Económico y Cultural	Empleo	3	0	3	54
		Actividades diarias	0	1	1	-6
		Número de habitantes	0	1	1	-30
		Cobertura y calidad en Servicio P.	0	3	3	-90
Flujo vehicular		0	1	1	-4	
Salud		0	3	3	-72	

En el presente caso se puede observar los elementos susceptibles de ser afectados, sean estos abióticos, bióticos, estéticos o socioeconómicos, con sus respectivas interacciones, sean positivas o negativas, de igual manera se presenta la agregación de impactos dada por la relación entre magnitud e intensidad descrita en la metodología, donde el mayor número de interacciones y agregación de impactos es dado para la cobertura y calidad en servicio público.

Tabla 39. Jerarquización de los impactos

FACTORES	AGREGACIÓN DE IMPACTOS
Cobertura y calidad en Servicio P.	-90
Residuos S.O	-87
Residuos S.I	-87
Ruido	-81
vegetación terrestre	-75
Olor	-72
Salud	-72
Cuerpos de agua (Acequias, canales, etc)	-60
Insectos	-45
Paisaje urbanístico	-39
Roedores	-34
Número de habitantes (crecimiento)	-30
Actividades diarias	-6
Aves Carroñeras	-6
Flujo vehicular	-4
Perros callejeros	-1
Empleo	54

Considerando desde el valor más bajo hasta el más alto se puede observar que el valor de jerárquico negativo más intenso se proyecta a condiciones y calidad en servicio público seguido de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos; y el valor o impacto positivo más alto está enfocado hacia el empleo, con menor valoración, tenemos insectos, paisaje urbanístico, roedores, entre otros.

D. Evaluación de impactos sobre las acciones

Tabla 40. Resumen del impacto

Afectaciones positivas	4
Afectaciones Negativas	32
Número de interacciones	36
Valor de cada celda	100
Valor máximo de afectaciones al medio	3600
Agregación de impactos	-735
% de afectación al medio	-20,4

En general se determina 32 afecciones negativas, 4 positivas, dando un total de 36 interacciones y un valor de -735 unidades en la agregación de impacto. Lo cual permite concluir que la afección al medio es negativo de -20,4%, que es considerado significativo.

3.2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La solución propuesta se orienta en el proceso de valor más importante para el distrito de Chiclayo, la ubicación de contenedores en zonas que presentan mayor volumen de aglomeración de residuos y estos perjudican en la recolección y un diseño de ruta para recoger los residuos de manera óptima. Para ello se inicia con una descripción de las actividades, la mejora de ciertos procesos necesarios para la optimización de rutas, incluyendo los indicadores, luego se procede a ejecutar el modelo propuesto del sistema de recolección.

La población del distrito de Chiclayo al año 2017 generará un promedio de 253,26 toneladas diarias de residuos sólidos, los que aumentan a medida que se incrementa la población y nuevos sectores comerciales. Se prevé que la generación de residuos sólidos al año 2018 aumentará a 256,27 toneladas/día.

3.2.1. ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

En la etapa de almacenamiento de residuos sólidos se propone implementar lo siguiente:

3.2.1.1. Mejora para el almacenamiento selectivo intra-domiciliario:

En el distrito de Chiclayo, la población utiliza bolsas de plástico para almacenamiento de sus residuos, las que son colocadas en los frontis de cada vivienda a la espera del paso de unidad recolectora, el almacenamiento domiciliario se efectúa sin separar los residuos orgánicos de los inorgánicos, es de decir se mezclan los residuos sobrantes de la preparación de comidas, envolturas, envases, plásticos, bolsas, vidrios, madera, etc.; esto por falta de una cultura de reciclaje.

Ante este problema la solución, promover y/o ampliar el desarrollo de programas de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos de residuos, ampliar responsabilidades al municipio más allá de la gestión operativa que a la fecha tiene en la prestación del servicio, para así contar con un área de planeación que dé seguimiento a través de las administraciones a programas y proyectos, realice su evaluación y mantenga la comunicación con la sociedad para retroalimentar la gestión. La administración municipal puede moverse hacia la sustentabilidad, si refuerza sus lazos con los actores externos: empresarios, academia y organizaciones de la sociedad civil que colaboren junto con las autoridades en la gestión RSU, para diseñar una estrategia financiera, desarrollar investigación y tecnología apropiada, general información confiable, desarrollar indicadores para el monitoreo, capacitar y profesionalizar al personal y reforzar los programas de educación ambiental.

3.2.1.2. Mejora para el almacenamiento Público:

La capacidad de almacenamiento público de los residuos sólidos en distrito de Chiclayo está dada por la cantidad y volumen de recipientes instalados en la vía pública. Para el almacenamiento público, el distrito cuenta 207 tachos de basura de estructura de metal de un aproximado de $0,075 \text{ m}^3$ de capacidad.

Actualmente el distrito presenta problemas en cuanto a la aglomeración de residuos en espacios públicos, ocasionando molestias a los moradores de la zona por el mal olor que ocasiona, debido que los residuos entran en el periodo de descomposición generando moscas y la vez creando focos infecciosos de enfermedades para la población, a estos espacios con mayor volumen de acumulación de residuos son dominados puntos críticos.

En el distrito de Chiclayo se han detectado 39 puntos críticos, puntos de constante aglomeración de residuos sólidos, muchos de éstos no logran ser atendidas por vehículos de recolección, debido al gran volumen de residuos arrojados. De estos, se han detectado 11 puntos que generan mayor volumen de acumulación.

- Av. Agricultura - salida a Ferreñafe (Zona 25)
- Av. Jorge Chávez y Amazonas (zona 24)
- Vía de evitamiento, Cruce de San José (Zona 15)
- Vía de Evitamiento altura de Cerropón (Zona 12)
- Lateral terrenos de Electronorte- Urb. Las Brisas (Zona 12)
- Urb. F. Villareal cruce Av. Libertad con Av. Chinchaysuyo (Zona 30)
- P.J. 9 de Octubre -Av. Ejército (Zona 10)
- Av. Pedro Cieza de León - Urb. Las Brisas (Zona 11)
- Av. Los Helechos Colinda (Zona 10)
- P.J La Ciudad del Chofer I (Zona 16)
- Mercado Modelo (Zona 19)

Como fuente de información sobre los puntos críticos, donde se genera mayor volumen de residuos sólidos se tiene lo siguiente:

El caso del vehículo compactador que se destinada al mercado modelo (punto crítico), Este se le asigna 4 ayudantes para la recolección. Los residuos del mercado modelo cuentan con una densidad de 377 kg/m^3 . El mercado modelo cuenta con dos contenedores de 5 m^3 de capacidad que son descargados de manera manual, haciendo uso de palas en un tiempo de 40 min/contenedor, tal como afirma Sub Gerencia de Gestión de Residuos sólidos [18].

De los datos obtenidos se calcula el tiempo de recolección de los dos contenedores y la masa en kg que contiene cada contenedor de residuo.

Por regla de tres simple se calcula el tiempo:

$$\begin{array}{l} 40 \text{ min} \longrightarrow 1 \text{ contenedor} \\ x \longrightarrow 2 \text{ contenedores} \end{array}$$

$$x = 80 \text{ min equivale a } 1 \text{ h } 20 \text{ min}$$

Formula densidad se calcula la masa:

P = Densidad

m = Masa

v = Volumen

$$p = \frac{m}{v}$$

$$m = 377 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 5 \text{ m}^3$$

$$m = 2885 \frac{\text{kg}}{\text{contenedor}} * 2 \text{ contenedores}$$

$$m = 3770 \text{ kg/día}$$

Con referencia a los valores se analiza, el vehículo compactador tiene un tiempo no operativo de 1 h 20 min, además de ello se tiene 4 operarios, y lo establecido son 2 operarios por compactadora.

Según la fuente de información y entrevista a los choferes y operarios que trabajan en el servicio de recolección, se tiene que en los 10 puntos críticos restantes en un día se logran recoger un aproximado 1000 kg de residuo sólidos en cada puntos crítico, y la densidad de estos residuos es aproximadamente 365 kg/m³. El tiempo que les lleva recolectar es de 45min a 1h con 4 operarios, debido a que no hay control en estos puntos y los residuos están esparcidos.

Se calcula el volumen

$$v = \frac{1000\text{kg}}{\frac{365\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$v = 2,73 \text{ m}^3$$

El volumen de los residuos en cada punto crítico es de aproximadamente 2,73 m³

Criterio para optar por el este sistema:

Tabla 41. Criterio para optar por contenedores soterrados

Sistema de recolección actual	Sistema de recolección contenedores
Mercado modelo	Mercado modelo
<p>- Tiempo de recolección: 40 min/contenedor</p> <p>- Capacidad contenedores actuales: 2 contenedores 5 m³</p> <p>- Días de recolección: Lunes a Domingo</p> <p>- Personal: 1 chofer más 4 ayudantes</p> <p>- Medio ambiente afectación: provocación de malos olores, los residuos están suspendidos aire libre y hay contacto directo de las personas con los residuos, deterioro del paisaje y perturbación de tráfico.</p>	<p>- Tiempo de recolección: 10 min/contenedor</p> <p>- Capacidad contenedor propuesto: 1 contenedor soterrado de 5 m³</p> <p>- Días de recolección: Lunes a domingo, 2 viajes al día Tarde y noche</p> <p>- Recolección: 3770 kg/día</p> <p>- Personal: 1 chofer más 1 ayudante</p> <p>- Medio ambiente afectación: No hay contacto directo de los residuos con las personas, no se generan malos olores, los residuos están cubiertos bajo el suelo, mejora el paisaje urbano, mejora la calidad vida de las personas aledañas y no se genera perturbaciones de tráfico.</p>
Sistema de recolección actual	Sistema de recolección contenedores
10 Puntos Críticos restantes	10 Puntos Críticos restantes
<p>- Tiempo de recolección: 45 min a 1h</p> <p>- Capacidad contenedores actuales : No cuentan con contenedores, basura dispersa, no hay control de los puntos críticos, volumen de residuos en cada punto crítico 2,73 m³</p> <p>- Días de recolección: no tienen establecido los días para dichos puntos.</p> <p>- Personal: 1 chofer más 4 ayudantes</p> <p>- Medio ambiente afectación: provocación de malos olores, los residuos están suspendidos aire libre y hay contacto directo de las personas con los residuos, deterioro del paisaje y perturbación de tráfico.</p> <p>Además de ello estos puntos críticos generan problema cuando las compactadoras asignadas a su zona se encuentran con estos puntos, emplean el mayor tiempo en la recolección de estos puntos, dejando parte de su zona sin atender y además de ello problemas con el mal ruteo dentro de su zona.</p>	<p>- Tiempo de recolección: 10 min/contenedor</p> <p>- Capacidad contenedor propuesto: 1 contenedor soterrado para cada punto crítico de 5 m³, control de puntos críticos</p> <p>- Días de recolección: Cada dos días de 2 a 3 viajes</p> <p>- Almacenamiento/día: 1 000 kg por contenedor x 10 cont.= 10 000 kg.</p> <p>- Personal: 1 chofer más 1 ayudante</p> <p>- Medio ambiente afectación: No hay contacto directo de los residuos con las personas, no se generan malos olores, los residuos están cubiertos bajo el suelo, mejora el paisaje urbano, mejora la calidad vida de las personas aledañas y no se genera perturbaciones de tráfico.</p>

Estos sistemas son recomendables para la recolección, cuando no se cuenta con un acceso adecuado en zonas de gran generación de residuos sólidos. Su utilización también es recomendable en mercados, hospitales, tiendas de autoservicio, multifamiliares de gran tamaño, industrias, etc.

Los contenedores que se adecuan mejor a la solución de este problema y optimizar tiempos es ubicación de 1 contenedores soterrados de carga vertical para cada punto críticos, con un volumen promedio de 5m^3 proyectándose hacia el futuro ante una mayor generación de residuos en la localidad de Chiclayo, conjuntamente con la adquisición de un camión grúa compactador de doble gancho de 21m^3 con un sistema de lavado de contenedor (son unidades especiales para el levantamiento de los contenedores y la vez compactar los residuos)

A continuación se detalla cada uno de los componentes necesarios para el funcionamiento de este sistema.

A. Contenedores Soterrados

Solrie Medio Ambiente [33] los contenedores soterrados están destinados a la recogida de residuos sólidos urbanos. La basura queda bajo tierra enterrada con el contenedor, quedando este oculto bajo una tapa con el mismo acabado que la acera.

En [33] se explica, el sistema consiste en una serie de plataformas elevadoras, con tapa pavimentada, en un foso de hormigón, quedando a la vista solamente el buzón de depósito, manteniendo un aspecto agradable, discreto integrado con el espacio que los rodea.

Ventajas de usar contenedores soterrados:

Oculto la basura: Elimina el impacto estético que genera la basura en la calle.

Oculto los contenedores que se encuentran en superficies, consiguiendo espacios diáfanos y transitables.

Dignifica el entorno: Dignifica el espacio urbano, pudiéndose recuperar para otros usos acordes al centro de la ciudad, restaurantes, etc.

Mejor accesibilidad: Facilita al ciudadano el depósito de su basura, es accesible para cualquier usuario

Más higiénico: La basura queda bajo suelo, cubierta con una tapa con cierre de goma lo que reduce los malos olores que salen a la superficie, impide el acceso a personas no autorizadas y los animales la esparzan.

Solrie Medio Ambiente [33], sostiene que los contenedores soterrados de carga vertical con capacidad 5m^3 deben regirse por las siguientes especificaciones en un enfoque general, se describe:

a. Especificaciones generales de contenedores soterrados de carga vertical para la recogida de RSU

La implantación de contenedores, de carga superior de doble gancho con capacidad de 5m³, para sistema de recogida mediante elevación por grúa auto-cargante montada sobre el camión de recogida. Anexo 10A

Contenedores estándar con capacidad de 5m³, con un peso de 780 kg.

El equipo consiste en un contenedor soterrado, solidario con la plataforma superior donde se aloja el buzón para el depósito de residuos por parte de los usuarios, preparado para su elevación mediante el camión grúa compactador.

El conjunto está constituido por una cuba o contenedor construido en chapa de acero galvanizado, unido a una plataforma peatonal construida en chapa lagrimada. Sobre la tapa o plataforma peatonal se fija el buzón para el depósito de residuos. Dicho buzón se ubica aproximadamente en el centro del contenedor de recogida y de la plataforma peatonal y dispondrá tambor giratorio que permita la introducción de las bolsas con total seguridad.

El sistema de tambor cuenta con un dispositivo de seguridad que impida la introducción directa de objetos desde el exterior al contenedor. La capacidad mínima de este tambor será de 75 litros.

Todo el conjunto se sustenta sobre un perfil metálico alojado en el vuelo de la plataforma peatonal sobre el contenedor o cuba, y que apoya sobre otro perfil montado sobre el remate de la obra de hormigón que constituye el alojamiento del contenedor.

Cuando se realiza la elevación o izado del conjunto contenedor -soterrado para su vaciado, una barandilla o plataforma actúa como dispositivo de seguridad anticaídas impidiendo la accesibilidad accidental al foso o hueco de alojamiento del contenedor tanto a los propios trabajadores del servicio de recogida como a los peatones.

El sistema de elevación y descarga es mediante doble gancho que accionara la apertura de las puertas inferiores. El izado o elevación del conjunto se realiza mediante grúa acoplada al camión de recogida, tirando de los dos ganchos que asoman por la parte trasera del buzón, uno de los cuales se utiliza para la maniobra de izado y el otro para la apertura de las compuertas inferiores para la descarga de los residuos depositados en el contenedor sobre la tolva del camión de recogida.

b. Especificaciones técnicas de los contenedores de carga vertical:

Según Solrie Medio Ambiente [34] los contenedores soterrados se componen de 5 elementos:

- Buzón
- Plataforma Peatonal
- Contenedor
- Estructura
- Foso Hormigón

En el anexo 10B, se puede observar cada uno de los componentes que intervienen en los contenedores soterrados.

• **Buzón**

Es la parte del contenedor que sirve de receptor del residuo y es elemento situado al nivel de la calles. Los buzones se someten a un proceso de recubrimiento que asegura su protección en los ambientes más agresivos.

Los Buzones son fabricados con chapa de acero con un espesor mínimo de 3mm galvanizado en caliente con pinturas antigraffiti y tratamiento anti-UV, la posición del buzón se encuentra en posición casi céntrico con respecto al contenedor y la plataforma peatonal. Los elementos (buzón, plataforma superior) deberían evitar la salida de posibles olores al exterior.

El buzón posee un doble tambor de 75 litros, es por donde se introduce las bolsas de residuos, deberá estar fabricado de material de acero inoxidable con un espesor mínimo de 1,5mm. Sus medidas serán las de un cilindro de 445 mm de diámetro interior y 599 mm de anchura la presencia de este tambor doble consigue que la basura no caiga directamente al interior del contenedor, impidiendo consecuentemente que nada y nadie pueda introducirse hacia el interior, deberá poseer un mecanismo de retención que le obliga a estar cerrado de forma continua.

Posee en su parte superior un sistema de doble gancho, consta de un anillo central para izaje y de un segundo anillo para la apertura de las compuertas de vaciado. Estos ganchos deberán ser fabricados con el mismo material del buzón. Los buzones permiten su uso por niños y personas con movilidad reducida. No deben poseer aristas vivas, ni ningún elemento susceptible de dañar o poner en peligro a los usuarios.

La unión del buzón a la plataforma se realizará mediante al menos ocho tornillos de fijación con una métrica mínima M-10 * 40 * 8,8 galvanizados

Los buzones deben estar dotados de una trampilla de inspección situada en la parte lateral del buzón que tendrá los siguientes usos:

- Eliminar con facilidad cualquier obstrucción provocada por atasco de los desechos en el interior del buzón.
- Acceder a las fijaciones de buzón a la plataforma.
- Posibilitar la introducción de residuos cuyo tamaño impida que puedan entrar a través de sistema normal de depósito del buzón.

La trampilla está equipada con cerraduras inviolables, accesibles mediante llaves semicirculares

En el anexo 11A y 11B, se muestran los modelos de buzón, con una tabla de ciertas características técnicas.

• **Plataforma Peatonal**

La plataforma peatonal está constituida por una estructura soldada de chapa lagrimada antideslizante, con un espesor mínimo de entre 4 y 6mm. El peso de carga máximo debe ser superior a los 500 kg/m². Debe poseer unas dimensiones aproximadas de 1 995mm x 1 995mm. La plataforma quedará elevada 2 cm aproximadamente por encima del pavimento circundante, y su área será tal que permanezcan recubiertos todos los bordes del contenedor.

En caso de disponer la plataforma peatonal fabricada de forma hueca con el fin albergar un acabado semejante al del pavimento circundante (solería de mármol, granito, terrazo, etc.), estar preparada para soportar un peso de carga superior a los 500 kg/m², sin contar con el peso propio de la solería.

• **Contenedor**

El contenedor conforma un recipiente metálico con medidas aproximadas de 1 508 mm de ancho, 1 508 mm de largo, 2 380 mm de alto y un peso de 780 kg. Su capacidad (unido al buzón de vertido) será igual o superior a 5 000 litros. El cuerpo del contenedor estará construido en chapa de acero Fe 360 B de 3 mm de espesor (mínimo). El contenedor presentará en su interior toda una serie de refuerzos en su estructura que lo hará más resistente al trabajo. Toda la estructura del contenedor debe estar galvanizada en caliente.

La pared de la cuba interior tiene un espesor mínimo de 3 mm, y esta soldada para prevenir cualquier filtración de aguas superficiales en el interior del contenedor.

La parte inferior del contenedor está conformado por una Anilla doble o Kinshofer, conjunto integrado por 2 compuertas de vaciado tipo bandeja fabricadas en chapa AP-01 de 3 mm de espesor reforzadas con perfil en U central, galvanizadas en caliente para proteger contra la oxidación. La forma de las trampillas y su estanqueidad le confieren capacidad para contener hasta 90 litros por compuerta. Total retención lixiviados 180 litros.

Las compuertas deben ser más anchas que las paredes del contenedor, de tal forma que las paredes del contenedor queden circunscritas siempre dentro de las bandejas (compuertas) y se evite de esta forma que el lixiviado pueda caer por los bordes.

• Estructura

La estructura del contenedor será resistente al trabajo que ha de someterse y a la composición de los residuos, cuyas medidas y características sean compatibles con el vaso de hormigón desde los puntos de vista funcional y operativo. La estructura consta de 3 partes:

Cerco superior: Proporciona la fijación de la estructura del contenedor al prefabricado de hormigón, funciona como bastidor de anclaje, compuesto por cuatro chapas galvanizadas plegadas de 3 mm de espesor.

Estructura: Compuesta por cuatro columnas de chapa galvanizada plegada de 2 mm de espesor

Dispositivo de seguridad: barandilla-empalizada (plataforma de seguridad). Cuando se realiza el izado del contenedor para su vaciado, un dispositivo de seguridad, la barandilla-empalizada, fabricada en chapa de acero blanca galvanizada, se eleva cubriendo el foso conforme se procede al izado del contenedor. La barandilla-empalizada debe quedar cubriendo todo el perímetro del foso con una altura mínima de 90 cm sobre la rasante del terreno circundante.

La barandilla-empalizada sube y cubre el hueco automáticamente. Anexo 12.

Carga de seguridad estándar de 120/240 kg.

• Foso de Hormigón

Vaso de hormigón armado abierto únicamente por su parte superior, de una sola pieza, con unas medidas interiores de 1 785 mm de ancho, 1 785 mm de largo y 2 456 mm de alto, que permite contenedores de 5 m³.

Las medidas exteriores del vaso de hormigón serán de 1 995 mm de ancho, 1 995 mm de largo y 2 606 mm de alto.

Sobre la cuba de hormigón se instala un marco superior de acero galvanizado, fijado a la parte superior del vaso de hormigón con las siguientes funciones:

- Guiar el contenedor enterrado y proteger la parte alta de la cuba de hormigón.
- Regular la horizontalidad respecto al suelo del conjunto.
- Evitar toda penetración de las aguas de superficie.

La cuba está fabricada en hormigón armado de una sola pieza HA350 y armado con mallazo acero B500S, con un espesor mínimo en los paramentos verticales de 105 mm y 150 mm para el paramento horizontal (fondo). El peso del vaso de hormigón será superior a los 5 500 Kg, al objeto de evitar desplazamientos del mismo como consecuencia de la presencia de niveles freáticos elevados. Está construido de una sola pieza de forma que garantice una estanqueidad e impermeabilidad total para

evitar la entrada y salida de líquidos y además de ello con una Arqueta central para evacuación de líquidos y una Resistencia de 35N/mm².

Dispone en su fondo interior de cuatro soportes de apoyo (topes) para evitar el contacto directo del contenedor con dicho fondo. Dichos soportes serán regulables en altura, permitiendo una separación mínima entre el contenedor y el fondo del vaso de hormigón. Anexo 13.

c. Obra civil recomendada para una correcta instalación

- Excavación del foso: el foso se debe excavar con unas dimensiones superiores a las del prefabricado de hormigón.
- Solera de hormigón de nivelación: colocación de una solera de hormigón en la base del foso para regular el terreno, con una cota de espesor de al menos 100 mm.

El hormigón de fabricación de la cubeta deberá estar tratado con aditivos que lo hagan impermeable.

- Instalación de la cubeta de hormigón en el interior del foso e instalación de los equipos.
- Remate perimetral: una vez instalado el equipo se procede al relleno compactado y acabado que requiere la superficie del pavimento.

d. Mantenimiento recomendado

Conjunto contenedor y buzón:

- Limpieza en seco con aire a presión en el contenedor y en el buzón.
- Limpieza con detergente y agua a presión en el contenedor y en el buzón.
- Desinfección en el contenedor y en el buzón.
- Extracción de agua y lixiviados.
- Revisión del correcto funcionamiento del buzón y trampillas de descarga.
- Cambio de piezas defectuosas.
- Para los buzones metálicos: revisión del estado de la pintura de los buzones y repaso de las zonas que lo requieran.

Plataforma de seguridad:

Revisión de poleas. Revisión de cables. Revisión de amarres de cables a contrapesos. La Estructura de los contenedores y medidas aproximadas para contenedores de con capacidad de 5m³, se muestran en los siguientes planos.

La ubicación de los contenedores serán colocados en la acera y/o berma, de manera que obstaculice el tránsito vehicular.

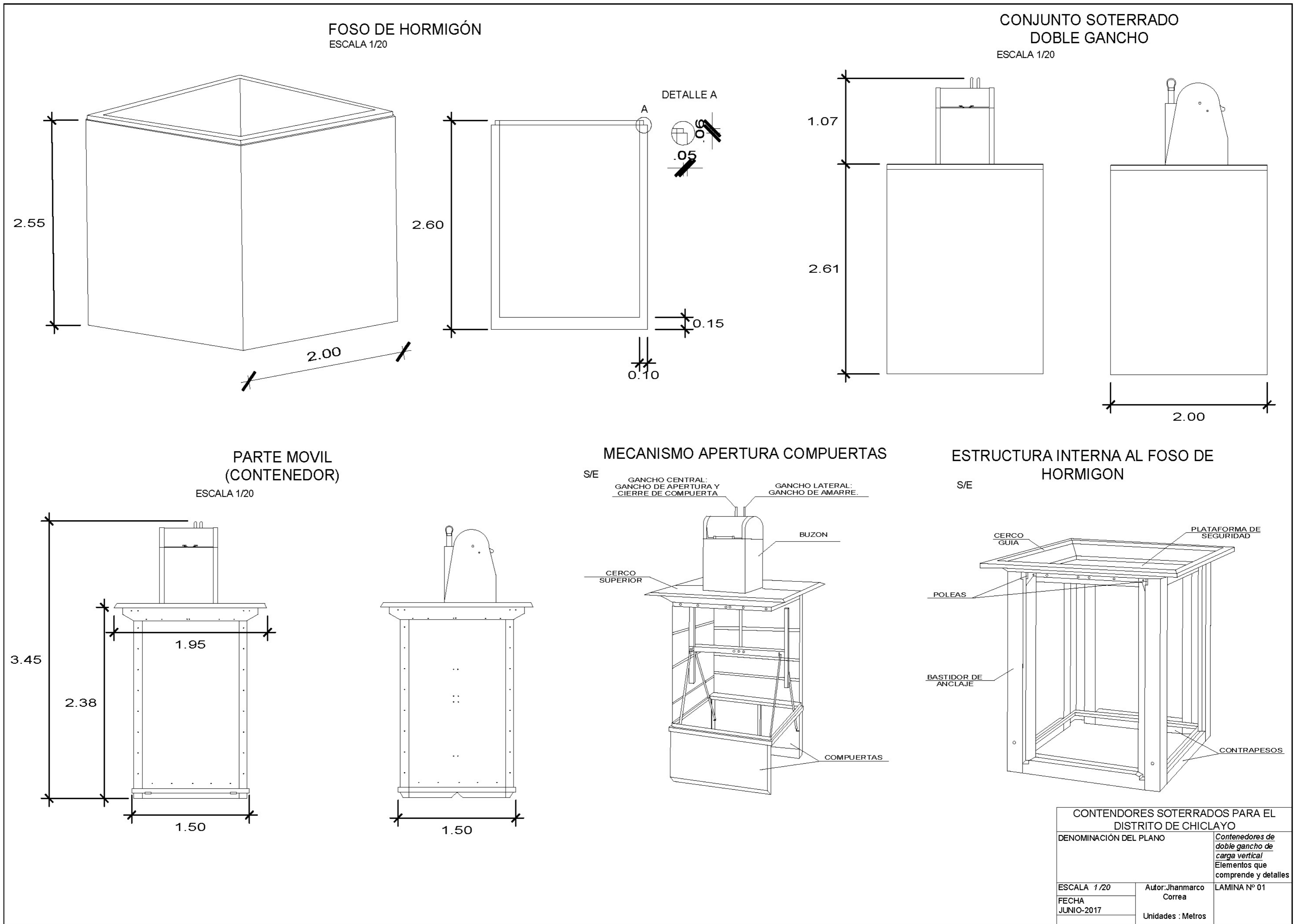
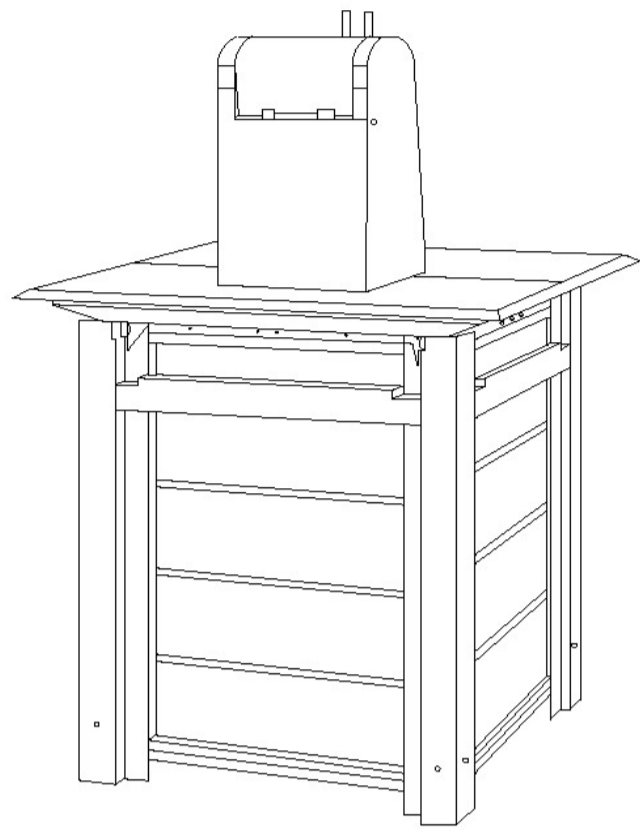


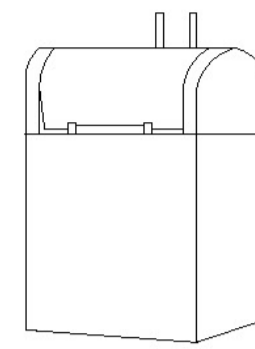
Figura 6. Plano de contenedores soterrados de carga vertical capacidad 5m³ – medidas en metro (m)

CONJUNTO EN REPOSO
S/E

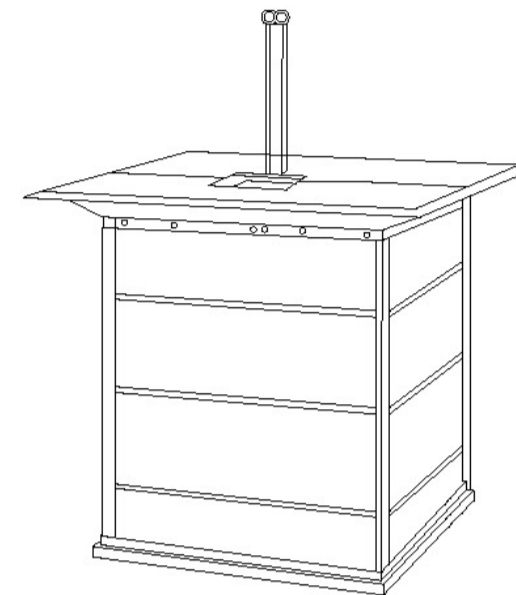


ESQUEMA DE MONTAJE
S/E

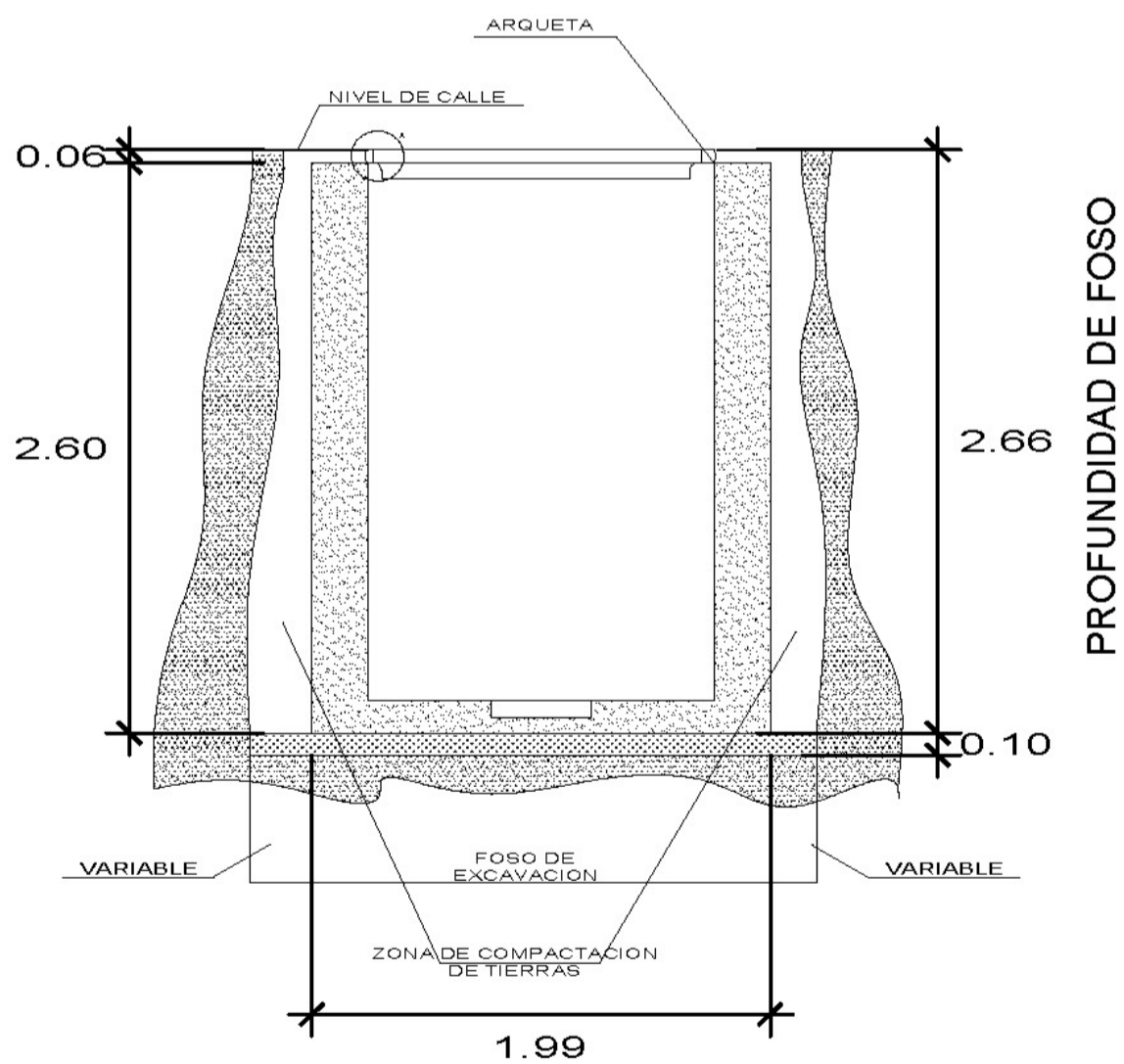
BUZÓN



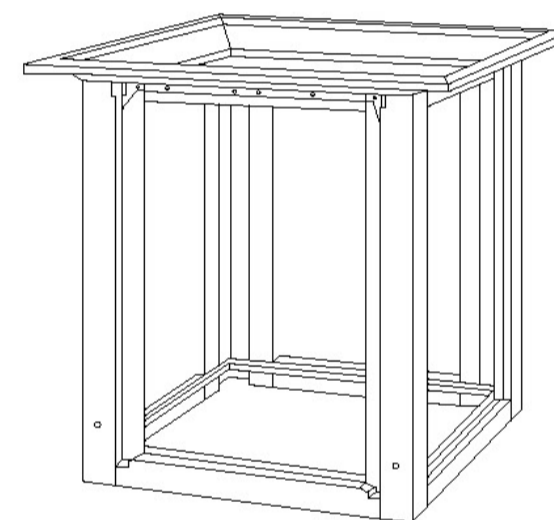
CONTENEDOR



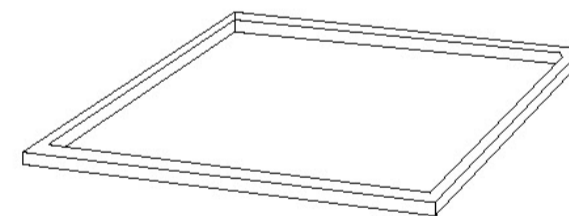
EXCAVACIÓN DE FOSO
ESCALA 1/20



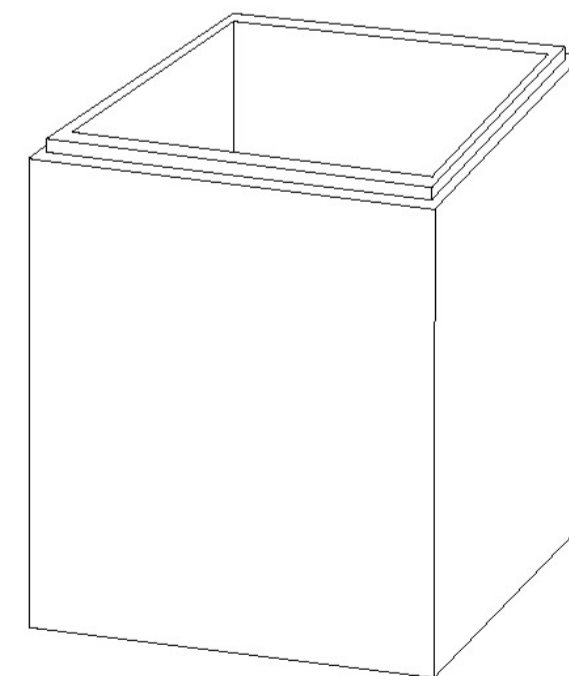
ESTRUCTURA



CERCO VIERTE AGUAS



CERCO DE HORMIGÓN



CONTENEDORES SOTERRADOS PARA EL DISTRITO DE CHICLAYO		
DENOMINACIÓN DEL PLANO	Contenedores de doble gancho de carga vertical Elementos que comprende y detalles	
ESCALA 1/20	Autor: Jhanmarco Correa	LAMINA N° 02
FECHA JUNIO-2017	Unidades: Metros	

Figura 7. Plano de contenedores soterrados de carga vertical capacidad 5m³ - medidas en metro (m)

B. Equipo recolector: Camión compactador-Grúa de carga lateral mecanizada para soterrados

a. Características Generales:

Para la recolección de los contenedores soterrados propuestos, se necesita de una nueva unidad denominado camión compactador-grúa, consta de 3 partes (Chasis, Grúa y la caja compactadora). La caja compactadora de carga lateral, es montado sobre chasis del camión apto para servicio de recolección. Por método de carga mecanizada y automatizada de contenedores soterrados de hasta 5 m³ de capacidad, mediante dispositivo de brazos articulados hidráulicos tipo hidrogrúa, ubicado entre cabina de camión y la caja compactadora, apto para la operación y descarga de contenedores de residuos urbanos soterrados. Descarga por vuelco trasero con puerta de accionamiento hidráulico de apertura / cierre automática, apto para operarse en estaciones de transferencia y rellenos sanitarios.

b. Características Principales

Dimensiones Generales:

- Depósito de carga: 3600 mm x 2300 mm x 2300 mm 19 m³
- Cola / puerta de depósito: 2 m³
- Volumen total 21m³
- Sector de carga: 1870 mm x 2100 mm x 2000 mm 6 m³
- Altura borde de carga: 2800 mm desde calzada

Sistema de lavado de contenedores

El equipo compactador debe contar un sistema de lavado, elementos que comprende el sistema:

- Una hidrolavadora con bomba de agua tricilíndrica de 15 litros/segundo, 150 bar, el cual deberá ser accionado por motor hidráulico, comandado desde block de válvulas del compactador.
- 16 metros de manguera en carretel manual
- 02 tanques de agua de 300 litros cada uno, resistentes a los rayos Uv. e interconectados entre sí.

Respecto a las especificaciones técnicas más detalladas del vehículo, grúa hidráulica y el equipo compactador se muestra en la ficha técnica. Anexo14.

3.2.2. MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

Respecto a la mejora del sistema de recolección de residuos sólidos, se tiene que esta presentará cambios muy notables y beneficios para la comunidad Chiclayana, con ello se brindará un mejor servicio de recolección de los residuos, debido a la optimización de transporte, con la implementación de un nuevo proceso en el manejo de residuos sólidos urbanos en el distrito de Chiclayo.

El distrito de Chiclayo en un futuro contará con una planta de transferencia de residuos sólidos, esta infraestructura estará ubicada en el km 3 de la carretera Chiclayo-San José, en un terreno de 5 hectáreas, equivalente a 50 000 m², cuya

edificación será financiada por la Cooperación Suiza (SECO) a través del Proyecto Chiclayo Limpio, teniendo en cuenta la segunda fase de proyecto Chiclayo limpio es la construcción de un relleno sanitario.

• Estación de transferencia de residuos sólidos Urbanos

Según la Consultora Chiclayo Limpio, la instalación permitirá que los residuos de los vehículos recolectores sean transferidos compactados o no, a un equipo de transporte de gran capacidad de carga (carro madrina).

La infraestructura constará de equipamiento total para todo lo que corresponda a la segregación y transferencia de los residuos. Así mismo, habrá túneles de desinfección de las compactadoras.

Esta Planta de transferencia contará con áreas administrativas, área de operaciones donde se pueda identificar las zonas de acceso, control, patio de maniobras, área de carga y descarga y estacionamiento temporal. Otras áreas que se podrá identificar son la de Servicios Higiénicos, sala de espera de personal operativo, vestuarios, talleres de reparación y mantenimiento de unidades, y áreas verdes.

La capacidad de proceso de transferencia de los residuos sólidos estará en función del área de la sección transversal del embudo (zona de descarga) y la disponibilidad de la unidad madrina (zona descarga).

La descarga de los residuos sólidos se efectuará en el embudo y por medio de esta se cargará a la unidad madrina para su posterior traslado al botadero (posteriormente relleno sanitario), este proceso de desplazamiento de residuos sólidos en el embudo será por gravedad.

Una vez completada la carga de los camiones madrina se cubrirá la parte superior con un toldo, para lo cual el chofer comunicara al supervisor de la planta que esta lista la unidad para dirigirse al botadero. El chofer seguirá su hoja de ruta durante su trayecto hacia el botadero, el mismo que está en constante comunicación con el Supervisor de la planta, la recepción en el botadero el chofer debe identificarse y entregar las boletas de transferencia.

El camión madrina será pesado antes de realizar la descarga en las celdas, luego proceso a la descarga y al momento de salir del botadero, la unidad será pesada y recibirá la boleta de control de ingreso al botadero y boleta de transferencia Municipal.

Es importante indicar que la Planta de Transferencia contará con un cerco perimétrico de material noble, contará con servicios de Agua, luz y desagüe, estarán señalizadas las vías de acceso y los interiores de la Planta de Transferencia, existirá un sistema de lavado a presión, y contará con canales de drenaje de lixiviados.

Finalmente respecto a las medidas de seguridad, estarán operativas las vías de seguridad entre la plataforma de descarga y el embudo, existirá un control de vectores (raticidas, insecticidas), y el personal que trabaja en la planta contará con los implementos de seguridad adecuados (guantes, mascarillas, cascos y botas).

Ventajas de un Sistema de recolección con estación de transferencia

Un sistema de recolección con estación de transferencia en el distrito de Chiclayo nos brinda muchas ventajas, en comparación con el sistema actual. Entre las ventajas que se obtendrá con este nuevo sistema son las siguientes:

Tabla 42. Ventajas de un sistema de recolección con estación de transferencia

Ventajas	Inconvenientes
Economía de Transporte: Incrementar los tiempos efectivos de servicio de los camiones compactadores de basura en la ciudad, ya que actualmente se pierden cerca de 2 horas efectivas de trabajo en transporte de basura desde Chiclayo hasta el actual botadero de residuos, ubicado en el distrito de Reque	Inversión y costo
Ahorro de Trabajo	
Ahorro de Energía: El consumo de combustible de las unidades será mucho menor, debido que se reducirá los tiempos y el kilometraje de recorrido, ya que actualmente cada unidad consumen un promedio de 7 a 8 galones por turno	
Reducción de desgaste de maquinaria	
Versatilidad	
Reducción del frente de descarga	
Posibilidad de reciclado	
Disminución considerablemente del alto índice de contaminación ambiental que afecta a la ciudad de Chiclayo.	

3.2.2.1. Procedimiento para la planificación, ejecución, supervisión y control de calidad para servicio de recolección de residuos sólidos

Como parte de la mejora del servicio recolección, es necesario establecer o regular procedimientos. Los procedimientos son relevantes en una organización con la finalidad de alcanzar las 3 E (Eficiencia, efectividad y economía).

A. Introducción

La documentación de este procedimiento sirve para que el Centro de Gestión Ambiental de la Municipalidad Provincial de Chiclayo CEGACH, brinde un servicio de calidad en la recolección de residuos sólidos municipales en conjunto con la Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos (USGRRSS). Además para que la ciudadanía conozca la forma en que el gobierno municipal a través CEGACH llevará a cabo la recolección de residuos sólidos dentro del territorio.

B. Objetivo

El presente procedimiento tiene por objetivo servir de guía a la Gerencia Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo para mejorar el sistema de recolección de residuos sólidos.

C. Alcance y campo de aplicación

Actualmente el área de recolección de residuos cuenta déficit en brindar el servicio a la población, el siguiente alcance abarca desde la planificación de la recolección de residuos en Chiclayo hasta el control de calidad del servicio.

El eje principal del Campo de aplicación son las autoridades y funcionarios administrativos en dar soluciones específicas y de prontitud a todos los habitantes del distrito de Chiclayo, en conjunto con la ayuda de las instituciones y empresas del municipio.

D. Fundamento Legal y Normativo.

- Art. 67° de la constitución política del Perú.
- Art. 24° ley general del ambiente.
- Ley general de la gestión integral de los residuos.
- Reglamento de la ley general de la gestión integral de los residuos.
- Reglamento para la prestación del servicio de recolección, transporte y disposición final de los recursos.
- Reglamento Interno de Seguridad y salud en el trabajo municipalidad de Chiclayo.

E. Definiciones

- Desechos dispuestos por los ciudadanos: son desechos domiciliarios, de comercios, instituciones, etc., empacados debidamente y dispuestos por los ciudadanos para el servicio de recolección. Se exceptúan los desechos de construcción, de estructuras, de maleza o árboles cuyo volumen o estructura afecte el tiempo de recolección o la estructura del recolector, en cuyo caso los ciudadanos serán los responsables de depositarlos en los lugares establecidos para la disposición final botadero salida Reque.
- Recolección: Acción de recoger, por las diferentes calles y avenidas del Distrito de Chiclayo, los desechos dispuestos por los ciudadanos para el servicio de recolección. Incluye la recogida de los desechos esparcidos, producto de empaques destruidos, utilizando la escoba, pala y gaveta.
- Transportación: Acción de transportar los desechos recolectados, desde los diferentes sectores de la ciudad hasta el vertedero municipal.
- Disposición final: Dar el tratamiento adecuado a los diferentes desechos una vez recibidos en el vertedero municipal.

- Inspección: Acción de verificar el cumplimiento de las normas establecidas en este procedimiento, y reportar: a) los incumplimientos para que se aplique el régimen de control disciplinario, de ser el caso; y b) las novedades que se presenten, para que se tomen los correctivos del caso.
- Evaluación: Acción que permite valorar el cumplimiento, avance y los resultados del proceso, a partir de los objetivos y metas propuestas. Es una fuente para la toma de decisiones para la mejora, renovación, cambio de las prácticas habituales del sistema.
- Informe: Exposición escrita sobre el estado del servicio de recolección, novedades, anomalías, observaciones, etc.
- Hoja de ruta: Formato de informe llenado por el Jefe de Recolección y/o Supervisor, que contiene información sobre la asistencia de los servidores, detalle de las visitas de inspección, novedades u observaciones que se presenten en el día.
- Comité de Control de Calidad: Grupo conformado por: Coordinador de Control de Calidad de la Dirección Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos Chiclayo, Coordinador de Control Disciplinario, Coordinador de Seguridad y Riesgo Laboral, Director de Desarrollo del Talento Humano , o sus delegados.
- Conductor o Chofer: servidor encargado de conducir un vehículo de motor para cumplir los recorridos asignados ya sea para recolección, inspección u otros.
- GIS: Sistema de Información Geográfica, en el cual se encuentran mapeados los sectores y rutas de Recolección, que conforman la cobertura del servicio de recolección en el distrito de Chiclayo, este sistema permite obtener datos como: km por ruta, km por persona, población atendida, identificación de sectores tanto del barrido como la recolección, datos de las áreas operativas relevantes.
- Sistema de Rastreo Satelital: Es una aplicación sistematizada que permite, en vivo, rastrear el recorrido de la ruta ejecutada por los vehículos recolectores, mediante los GPS instalados en dichos vehículos, y así poder medir y conocer el cumplimiento de las rutas.

F. Políticas

- La Dirección de Unidad de servicio y Gestión de Residuos Sólidos (USGRRSS) debe contar con un plan comunicacional, cultural y ambiental orientado a la formación ciudadana ambientalmente sostenible.
- Los equipos de transporte que se adquieran, deberán seleccionarse de aquellos que tengan una mayor disponibilidad de repuestos y servicio de garantía.
- Los equipos de recolección que se adquieran, deben responder a los requerimientos técnicos de uso y empleo.

- Desarrollar la utilización de métodos de disposición final controlada.
- Para programar la atención con el servicio de recolección, se tendrán en cuenta los horarios de apertura y cierre de los comercios en las zonas de gran demanda y densidad.
- Se efectuará la recolección por los sectores de la ciudad de Chiclayo de acuerdo a rutas y horarios establecidos por el área responsable, previa autorización del Director de la Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos.
- Se evitarán desplazamientos del operario "en vacío", es decir desplazamientos sobre zonas que ya han sido recolectadas.
- Implementar periódicamente programas de capacitación al personal operativo sobre, protocolos de servicio, riesgo laboral e higiene.
- Cumplir todo lo establecido en el Reglamento Interno de Administración de Recursos Humanos de la Municipalidad de Chiclayo para las trabajadoras y los trabajadores amparados bajo el Código del Trabajo, Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo, y demás normativas que correspondan.
- Registrar su ingreso y salida de cada jornada laboral, en el punto establecido por la municipalidad de Chiclayo, cumpliendo el horario asignado.
- Utilizar obligatoriamente el uniforme y el equipo de protección personal (overol, guantes, gafas, casco, botas, mascarilla, etc.) entregado por el municipio para realizar el trabajo, durante su jornada laboral, y supervisar dicha utilización al personal a su cargo. En el caso de desgaste anticipado del equipo de protección individual, deberá solicitar oportunamente la reposición, al Supervisor y/o Jefe de Recolección, que gestionará el pedido.
- No se aceptará por ningún motivo reemplazos de personal no autorizado, especialmente personal ajeno a la institución.
- Cumplir y hacer cumplir la prohibición de realizar labores (reciclaje no autorizado).
- En caso de conocer alguna anomalía en el vehículo recolector, previo a iniciar el recorrido o durante el recorrido, deberá notificarla de inmediato al Coordinador de Mantenimiento vehicular o el delegado, para que se tomen las medidas correctivas.
- Mostrar buena disposición y cordialidad a la ciudadanía.

G. Fases

Las actividades que han de realizar cada representante del área de recolección se describe en las siguientes fases:

- Fase de planificación: Programar, organizar y dirigir las actividades inherentes al servicio de recolección.
- Fase de ejecución: Recolectar, transportar y realizar la disposición final de los residuos dispuestos por los ciudadanos para mantener limpia la ruta asignada.
- Fase de inspección: Supervisar y controlar la limpieza diaria de los sectores y el cumplimiento del personal asignado para el servicio de recolección.

- Fase de control de calidad: Evaluar la calidad del servicio que brindar las diferentes áreas operativas de la dirección del Centro Gestión Ambiental Chiclayo, afín de detectar posibles anomalías y/o incumplimiento para tomar correctivos necesarios.

a) Fase de Planificación y Programación

Objetivo: Programar, organizar, dirigir y controlar las actividades inherentes al servicio de recolección para el servicio de recolección.

Responsable: Jefe de Recolección y/o Supervisor

Actividades, responsabilidades y/o prohibiciones:

- Planificar, organizar y dirigir los sectores, rutas, turnos, horarios y actividades inherentes al servicio de recolección para el personal de recolección.
- Asignar y reasignar rutas de recolección a cada servidor con la aprobación del Director de Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos (USGRRSS).
- Supervisar el uso adecuado de los uniformes, equipo de protección y las herramientas.
- Supervisar, controlar y hacer cumplir el trabajo de recolección a los servidores asignados para las diferentes rutas en los turnos y horarios determinados.
- Recibir y acatar las instrucciones y recomendaciones de sus superiores (incluyendo las capacitaciones e inducciones de responsabilidad, seguridad y medicina ocupacional, etc.), lo que aportará a mejorar su desempeño laboral, las condiciones de salud.
- Solicitar cuando se requiera la indumentaria, el equipo de protección personal, los materiales, y las herramientas, para abastecer al personal de recolección, de acuerdo al “Procedimiento de solicitud y entrega de herramientas”.
- Reportar los incumplimientos del personal a su cargo al Director de la Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos para que aplique las medidas correctivas o gestione la medida sancionatoria del caso.
- Coordinar con los responsables de barrido, en los horarios y zonas definidas, para realizar la recolección de basura producto del servicio de barrido y de mingas.
- De presentarse volúmenes excesivos de producción de basura, deberá aplicar las medidas de solución, informando lo pertinente al Director de USGRRSS.
- Aportar o sugerir acciones orientadas a mejorar el servicio de recolección al Director de USGRRSS.
- Motivar a todo el personal a su cargo y al mismo tiempo inducirlo a mejorar la calidad del servicio de recolección brindado en el distrito de Chiclayo.
- Coordinar lo pertinente con el Director de USGRRSS para establecer acciones orientadas a mejorar el servicio (capacitaciones, campañas comunicacionales, etc.).
- Socializar y comunicar a la ciudadanía, mediante volantes, capacitaciones u otros medios planificados, los horarios y sitios para recolección de

basura, sus obligaciones y buenas prácticas del ciudadano en el manejo de desechos sólidos.

- Socializar y comunicar a la ciudadanía las sanciones, establecidas en las ordenanzas municipales, que se aplicarán a las infracciones en el manejo de desechos sólidos.
- Controlar que los ciudadanos cumplan con lo dispuesto en las ordenanzas y normativas aplicables, y de detectar ciudadanos infractores, tomar pruebas e iniciar “Procedimiento de Control Territorial, verificación y/o sanción”.
- Elaborar informes de cumplimiento de objetivos-metas estratégicas dentro de políticas de rendición de cuentas.
- Cumplir las demás funciones asignadas por el Director Unidad de Servicios Y Gestión de Residuos Sólidos.

b) Fase de ejecución

Objetivo: Recolectar, transportar y efectuar la disposición final de los residuos sólidos dispuestos la ciudadanía, para mantener limpia la ruta asignada.

Responsable: Obrero de recolección

Actividades y/o responsabilidades:

- Cumplir a cabalidad con su trabajo diario de recoger, transportar y realizar la disposición final de los desechos dispuestos por la ciudadanía para la recolección, manteniendo limpia la ruta asignada por la autoridad competente (calles, avenidas, parques, plazas, etc.) dentro del horario establecido.
- En caso de encontrar desechos sueltos en los puntos de recolección, deberá utilizar las herramientas que el municipio le entrega para realizar su trabajo, las mismas que estarán bajo su responsabilidad y cuidado, tales como: escoba, pala y gaveta. En el caso de desgaste de las mismas, deberá solicitar la reposición informando oportunamente al Supervisor y/o Jefe de Recolección, para que este a su vez se encargue de solicitar y gestionar dicha reposición.
- Reportar al Inspector los problemas o anomalías presentadas durante su jornada laboral, así como los requerimientos que le permitan cumplir correctamente con su trabajo (socialización con la ciudadanía, desgaste o falta de herramientas, etc.).
- Recibir y acatar las instrucciones y recomendaciones de sus superiores (incluyendo las diferentes capacitaciones e inducciones de responsabilidad, seguridad ocupacional, etc.), lo que aportará a mejorar su desempeño laboral y sus condiciones de salud.
- Cumplir las demás tareas dispuestas por la autoridad superior.

Responsable: Chofer de recolección

Actividades y/o responsabilidades:

- Cumplir todo lo dispuesto en el “Manual para conductor”, para el correcto uso y funcionamiento vehículo recolector a su cargo.
- Verificar que las condiciones mecánicas del vehículo designado para el

trabajo de recolección sean las adecuadas.

- Si un vehículo de recolección, no cuenta con un Inspector asignado, el chofer deberá asumir esta responsabilidad, con la finalidad de que se cumpla la planificación, las normas y se asegure la correcta operatividad.
- Cumplir a cabalidad con la ruta asignada para el trabajo diario de transportar y realizar la disposición final de los desechos dispuestos para la recolección, para brindar un adecuado servicio y aportar en la limpieza de la ciudad.
- Controlar y hacer cumplir el trabajo de recolección a los servidores asignados para las diferentes rutas, en los turnos y horarios determinados.
- Supervisar el uso de indumentaria de trabajo, equipos de protección personal, el uso adecuado de las herramientas; de existir incumplimientos deberá reportarlos al Supervisor y/o Jefe de Recolección para que se tomen las acciones correctivas o se gestionen las medidas sancionatorias del caso.
- Hacer uso obligatorio de la bocina o de la música que identifica al vehículo de recolección, y que se alerta a la ciudadanía su intervención dentro de la ruta asignada.
- Mantener la velocidad adecuada dentro del recorrido de recolección y realizar las paradas necesarias en los sitios establecidos para la recolección, para que la ciudadanía pueda acceder oportunamente al servicio.
- De presentarse volúmenes excesivos de producción de basura, deberá informar al Supervisor y/o Jefe de Recolección para que tome las medidas de solución.
- Aportar o sugerir acciones orientadas a mejorar el servicio de recolección al Supervisor y/o Jefe de Recolección.
- Socializar con la ciudadanía, mediante volantes proveídas por sus superiores, los horarios y sitios para recolección de basura, obligaciones y buenas prácticas del ciudadano, así como las sanciones, establecidas en las ordenanzas, que se aplicarán a los infractores en el manejo de desechos sólidos.
- Controlar que los ciudadanos cumplan con lo dispuesto en las ordenanzas y normativas aplicables, y de detectar ciudadanos infractores, reportarlos al Jefe de Recolección o Supervisor adjuntando las fotos de la infracción, este a su vez conocerá y remitirá a la Dirección de Control Territorial para iniciar el proceso respectivo.
- Recibir y acatar las instrucciones y recomendaciones de sus superiores (incluyendo las diferentes capacitaciones e inducciones de responsabilidad, seguridad ocupacional, etc.), lo que aportará a mejorar su desempeño laboral y sus condiciones de salud.
- Cumplir las demás tareas dispuestas por la autoridad superior.

c) Fase de Inspección

Objetivo: Supervisar y controlar diariamente el cumplimiento de las labores del personal asignado a las diferentes rutas, de forma que el servicio de recolección brindado se optimice y la ciudad se encuentre permanente limpia.

Responsable: Inspector de recolección

Actividades y/o responsabilidades:

- Supervisar el uso de indumentaria de trabajo, equipos de protección personal, el uso adecuado de las herramientas. De existir incumplimientos, deberá reportarlos al Supervisor y/o Jefe de Recolección para que se tomen las acciones correctivas o se gestionen las medidas sancionatorias del caso.
- Controlar y hacer cumplir el trabajo de recolección a los servidores asignados para las diferentes rutas en los turnos y horarios determinados.
- De presentarse volúmenes excesivos de producción de basura, deberá informar al Supervisor y/o Jefe de Recolección para que tome las medidas de solución.
- Aportar o sugerir acciones orientadas a mejorar el servicio de recolección al Supervisor y/o Jefe de Recolección.
- Coordinar con el Jefe de Recolección o Supervisor para establecer acciones orientadas a mejorar el servicio (capacitaciones, etc.).
- Motivar a todo el personal a su cargo y al mismo tiempo inducirlos a mejorar la calidad del servicio brindado en el cantón.
- Socializar con la ciudadanía, mediante volantes, capacitaciones u otros medios planificados, los horarios y sitios para recolección de basura, obligaciones y buenas prácticas del ciudadano y las sanciones establecidas en las ordenanzas que se aplicarán a las infracciones en el manejo de desechos sólidos.
- Controlar que los ciudadanos cumplan con lo dispuesto en las ordenanzas y normativas aplicables, y de detectar ciudadanos infractores, reportarlos al Jefe de Recolección y/o Supervisor adjuntando las fotos de la infracción, este, a su vez, conocerá y remitirá a la Dirección de Control Territorial para iniciar el proceso respectivo.
- Recibir y acatar las instrucciones y recomendaciones de sus superiores (incluyendo las capacitaciones e inducciones de responsabilidad, seguridad y medicina ocupacional, etc.), lo que aportará a mejorar su desempeño laboral y condiciones de salud.
- Cumplir las demás tareas dispuestas por la autoridad superior.
- Elaborar informes de cumplimiento de objetivos-metas estratégicas dentro de las políticas de rendición de cuentas.

d) Fase de Control de Calidad

Objetivo: Evaluar continuamente la calidad del servicio de que brindan las diferentes áreas operativas de la dirección Centro Gestión Ambiental Chiclayo, con el apoyo de Consultura Chiclayo limpio, para asegurar su efectividad y la satisfacción ciudadana.

Responsable: Coordinador de Control de Calidad en apoyo con los miembros de la comisión de control de calidad (liderada por el coordinador de control de calidad o quien haga las veces y/o los servicios designados para el efecto)

Actividades y/o responsabilidades:

- Realizar inspecciones aleatorias para evaluar, controlar y levantar información referente a las novedades suscitadas en el servicio público de recolección.
- Elaborar informes de evaluación de la calidad del servicio de barrido,

recolección, etc., que brinda el municipio de Chiclayo.

- Generar planes de acción con el Director Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos para superar las desviaciones reportadas en los Informes de Control de Calidad y verificar su cumplimiento.
- Apoyar en la toma de acciones para la correcta implantación y el cumplimiento de los requisitos internos derivados del sistema de gestión de la calidad.
- Asegurar el correcto procesamiento y uso de la información referente al Sistema de Gestión de la Calidad.
- Administrar el Sistema de Gestión de Calidad, garantizando el buen uso y manejo de la documentación.
- Revisar y dar seguimiento al desarrollo del Plan de Capacitación del personal en lo relacionado con el Sistema de Control de Calidad.
- Participar en el análisis de las no conformidades identificadas en el Sistema de Gestión de la Calidad, y realizar el seguimiento a las acciones preventivas y correctivas que se hayan formulado.
- Preparar, controlar y mantener la documentación del Sistema de Calidad.
- Proponer políticas, normas y procedimientos de los diferentes procesos de servicios comunitarios, orientados al mejoramiento de la calidad del servicio.
- Planificar la socialización con la ciudadanía, mediante volantes, capacitaciones u otros medios, los horarios y sitios para recolección de basura, obligaciones y buenas prácticas de manejo de desechos y su influencia con el medio ambiente; así como las sanciones a aplicar a los infractores en conformidad con las ordenanzas municipales.

H. Procedimientos

Tabla 43. Procedimiento Para la ejecución, supervisión y control de calidad para el Servicio de Recolección de residuos Sólidos en el distrito e Chiclayo

ETAPA 1: EJECUCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN			
Nº	Actividad	Documentos	Responsable
1	<ul style="list-style-type: none"> • Para cumplir la cobertura del servicio de recolección realiza la “Planificación diaria de asignación de vehículos recolectores y equipo de recolección a los sectores y rutas” definidas en la base de datos del Sistema de Información Geográfica (GIS) • De requerir, asigna y reasigna rutas y turnos de trabajo a los servidores, cuando existan daños de vehículos recolectores, personal faltante, etc. En el caso que falte un chofer, para substituir por otro, llenará la respectiva Orden de Movilización manual a nombre del chofer reemplazante, y la autorizada el Director de Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos o su delegado. 	<ul style="list-style-type: none"> - (F-001) Planificación diaria de asignación de vehículos recolectores y equipo de recolección a los sectores y rutas definidos. Anexo 15 	Jefe de Recolección y/o Supervisor

	<ul style="list-style-type: none"> Instruye al personal de recolección, diariamente, durante diez minutos antes de iniciar la jornada laboral, con las disposiciones necesarias para que ejecuten de forma correcta el servicio de recolección y se garantice la limpieza de la ruta asignada. 		
2	<p>Verifica a diario que los servidores de su sector y rutas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Asistan y cumplan los horarios de su jornada laboral, y lo registren en el reloj biométrico y/o en la Hoja de Ruta. Usen indumentaria de trabajo y equipos de protección Cuenten con herramientas en buen estado (de requerir reposiciones gestionará lo necesario de acuerdo a lo establecido en el “Procedimiento para solicitud y entrega de herramientas”. 	- (F-002) Hoja de Ruta. Anexo 16	Inspector de Recolección (delegado con funciones de inspector)
3	<p>Verifica, previo al inicio del recorrido, lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las condiciones mecánicas básicas del vehículo, de acuerdo a las actividades de revisión señaladas en el formato “Hoja de Inspección vehicular”. En nivel de combustible del vehículo y de ser necesario, abastecerá en conformidad al “Procedimiento para el control y abastecimiento de combustible”. Llevar consigo los siguientes documentos vigentes: licencia de conducir, matricula, orden de movilización (para horarios extendidos fuera de la jornada o días feriados), hoja de ruta y hoja de inspección vehicular. <p>¿El Vehículo se encuentra en condiciones adecuadas y chofer cuenta con los documentos para movilización?</p> <p>SI: Conduce cumpliendo la ruta asignada, realiza las paradas necesarias y verifica que los obreros recojan los desechos dispuestos para la recolección (domicilios, instituciones, comercios, o desechos producto del servicio de barrido).</p> <p>NO: Reporta de inmediato al Supervisor y/o Jefe de Recolección y/o al supervisor de los procesos de mantenimiento vehicular o quien haga sus veces, para que tomen las medidas correctivas del caso.</p>	- (F-003) Hoja de inspección vehicular. Anexo 17	Chofer de Recolección

4	<ul style="list-style-type: none"> • Recoge, durante el recorrido de la ruta, todos los desechos dispuestos para la recolección: <ul style="list-style-type: none"> a) Aquellos dispuestos por los ciudadanos, ya sean empacados o esparcidos, estos últimos los recogerán usando las herramientas (escoba, pala y gaveta) dispuestas en el vehículo recolector, una vez usadas se guardarán en su lugar. b) Desechos producto del servicio de barrido • Deposita los desechos recogidos en el vehículo recolector. • Opera dispositivos montacargas para elevar los contenedores de basura y vaciar su contenido en las aberturas del camión destinadas a ello. 		Obrero de Recolección
5	<p>Al final de la ruta, en el horario establecido o cuando se llena el repositorio de desechos del vehículo recolector:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transporta y deposita, los desechos recogidos, en el lugar establecido para la disposición final (vertedero municipal) cumpliendo el procedimiento de disposición final. En casos de excepción, en que se produzcan volúmenes adicionales de basura, solicitará la autorización del supervisor, para realizar el o los viaje(s) adicionales de transporte y disposición final. • Guarda el vehículo recolector, en el lugar establecido por el Jefe de Recolección, de acuerdo al “Procedimiento de entrada y salida de Vehículos y Maquinarias del patio automotor”, en el cual se controla la limpieza y cumplimiento de condiciones mecánicas básicas del vehículo. <p>Registra la hora de salida de su Jornada.</p>		Chofer de Recolección
6	<p>a) Verifica que, durante la jornada de trabajo y en el sector y rutas asignadas, los servidores cumplan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con su trabajo de recolección correctamente • Uso de indumentaria de trabajo y equipos de protección. • Cuenten con herramientas en buen estado. (de requerir reposiciones gestionará lo necesario) <p>¿Existen novedades o incumplimientos?</p> <p>SI: Reporta al Supervisor y/o Jefe de Recolección, en el formulario sancionatorio, y otras novedades registra en la Hoja de Ruta, para conocimiento de sus superiores.</p> <p>NO: continúa con el literal b) de este numeral.</p> <p>b) Controla durante su recorrido que los ciudadanos cumplan con lo dispuesto en las</p>	<ul style="list-style-type: none"> - (F-002) Hoja de Ruta. Anexo 16 - (F-004) Acta de verificación Anexo 18 	Inspector (o chofer delegado con funciones de inspector)

	<p>ordenanzas y normativas aplicables, persuadiendo al cumplimiento en primera instancia.</p> <p>¿Existen Incumplimientos ciudadanos?</p> <p>SI: se considerará una infracción flagrante y deberá ejecutar el “Procedimiento de control territorial, de verificación de cumplimiento y/o de sanción” (etapa de Inspección, es decir llenar el “Acta de Verificación”, adjuntar fotografías, e ingresar al “Sistema de Alertas y Control Territorial” SISACT, para que se inicie el procedimiento sancionador contra del infractor.)</p> <p>NO: FIN.</p>		
7	Conoce, firma el formulario sancionatorio y envía al Director de Higiene y Aseo, sugiriendo medidas correctivas	Formulario Sancionador	Supervisor y/o Jefe de Recolección
8	Dispone las medidas correctivas y/o gestiona los incumplimientos de servidores, con el Director de Desarrollo del Talento Humano, para la aplicación de sanciones.		Director USGRSS
9	Aplica la sanción al(los) servidor(es) infractor(es) en conformidad al Reglamento interno de administración de recursos humanos del municipio de Chiclayo.		Director de Desarrollo del Talento Humano

FASE 2: CONTROL DE CALIDAD DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Nº	Actividad	Documentos	Responsable
1	<ul style="list-style-type: none"> Realiza visitas de inspección y control, en forma aleatoria, a los diferentes sectores del territorio para evaluar la calidad del servicio de recolección, previa coordinación con los miembros del “Comité de control calidad”, del servicio de recolección, para su acompañamiento a dichas visitas. Verifica y evalúa el cumplimiento de trabajo y responsabilidades de cada servidor, para lo cual llena la “Ficha de evaluación de la calidad del servicio de recolección”, información que además la registrará en los repositorios de la Dirección de Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos, para obtener los Informes de análisis como el de “Control de evaluación de calidad del servicio de recolección”. Elabora el “Informe Inspección y Evaluación de Calidad del Servicio de Recolección” del sector visitado (obreros, inspectores, supervisores, Jefe). En dicho informe, que será enviado al Director Unidad de Servicio y Gestión de Residuos Sólidos y a los Miembros del comité de calidad del servicio, se reportarán las 	<ul style="list-style-type: none"> (F-005) Ficha de evaluación de calidad del servicio de recolección. Anexo 19 (F-006) Control de evaluación del servicio de recolección. Anexo 20 <p>Informe de Evaluación de la calidad del servicio de recolección</p>	<p>Coordinador de Control de Calidad y Comité de Calidad</p> <p>Coordinador de Control de Calidad</p>

	novedades, incumplimientos del personal, calificaciones, etc.		
2	Revisa el “Informe de Evaluación de Calidad del Servicio de Recolección” o Reporte de Incumplimientos respectivo ¿Existen novedades o incumplimientos? SI: Dispone las medidas correctivas y/o gestiona las sanciones del caso con la Dirección de Desarrollo Institucional y Humano, paso 3. NO: Dispone el archivo del Informe.		Director Unidad de Servicio y Gestión de Residuos
3	Aplica la sanción al (los) servidor (es) infractor (es) en conformidad al Reglamento interno de administración de recursos humanos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo.		Director Desarrollo del Talento Humano
	FIN		

Tabla 44. Procedimiento para el Control de Cumplimiento de Rutas a través del Rastro Satelital

Nº	Actividad	Responsable	Tiempo
1	Revisa diariamente en la web Golde GPS (rastreo satelital) en el mapa las rutas de recolección domiciliaria ejecutadas, y el kilometraje recorrido. ¿Existen rutas que no cumplieron el kilometraje asignado? SI: Reporta al Supervisor y/o Jefe de Recolección en el Reporte Diario de Rutas Incumplidas (F-007) Anexo 21, para que se indique los motivos del incumplimiento, y al Director de Higiene y Aseo para que tome las medidas correctivas del caso. NO: Paso 2	Auxiliar Administrativo	1
2	Dibuja, las rutas de recolección ejecutadas (según la web Golden GPS), en el software ArcGIS 10.4, que permite visualizar datos adicionales de la ruta como por ejemplo población atendida, etc.; con la finalidad de obtener los indicadores del servicio de Recolección y contar con rutas actualizadas.		15
3	Mensualmente genera los indicadores de la Dirección Unidad de Servicio y Gestión de Residuos y envía a la Dirección de Control de Gestión. Por ejemplo: población atendida total, por ruta, etc.		5
	FIN		21 Días

Tabla 45. Procedimiento de Solicitud y entrega de Herramienta

N°	Actividad	Responsable	Tiempo
1	Solicita verbalmente, cuando los servidores a su cargo necesiten, los materiales y/o herramientas al JEFE O SUPERVISOR	Inspector	
2	Solicita verbalmente las herramientas requeridas al almacén	Jefe o Supervisor	1
3	Envía el correo de autorización al Director	Almacén	0.5
4	Autoriza correo	Director	0.5
5	Elabora el Acta de Entrega - Recepción (Materiales y/o herramientas) F-008. Anexo 22 Entrega los materiales o herramientas requeridas al INSPECTOR (actualmente de lunes a viernes, en los horarios de 11:00 Am a 1:00 pm, para no interrumpir la jornada laboral) Toma firma del receptor en el Acta como constancia de la entrega.	Almacén	0.5
	FIN		2.5 Días

3.2.2.2. Nueva estructura orgánica del sistema de recolección de residuos Sólidos

La nueva estructura orgánica del sistema de recolección de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo con la implementación de la etapa de transferencia de residuos, un comité de calidad y además de ello personal supervisor e inspector; quedará representada tal y como se muestra en la figura 8.

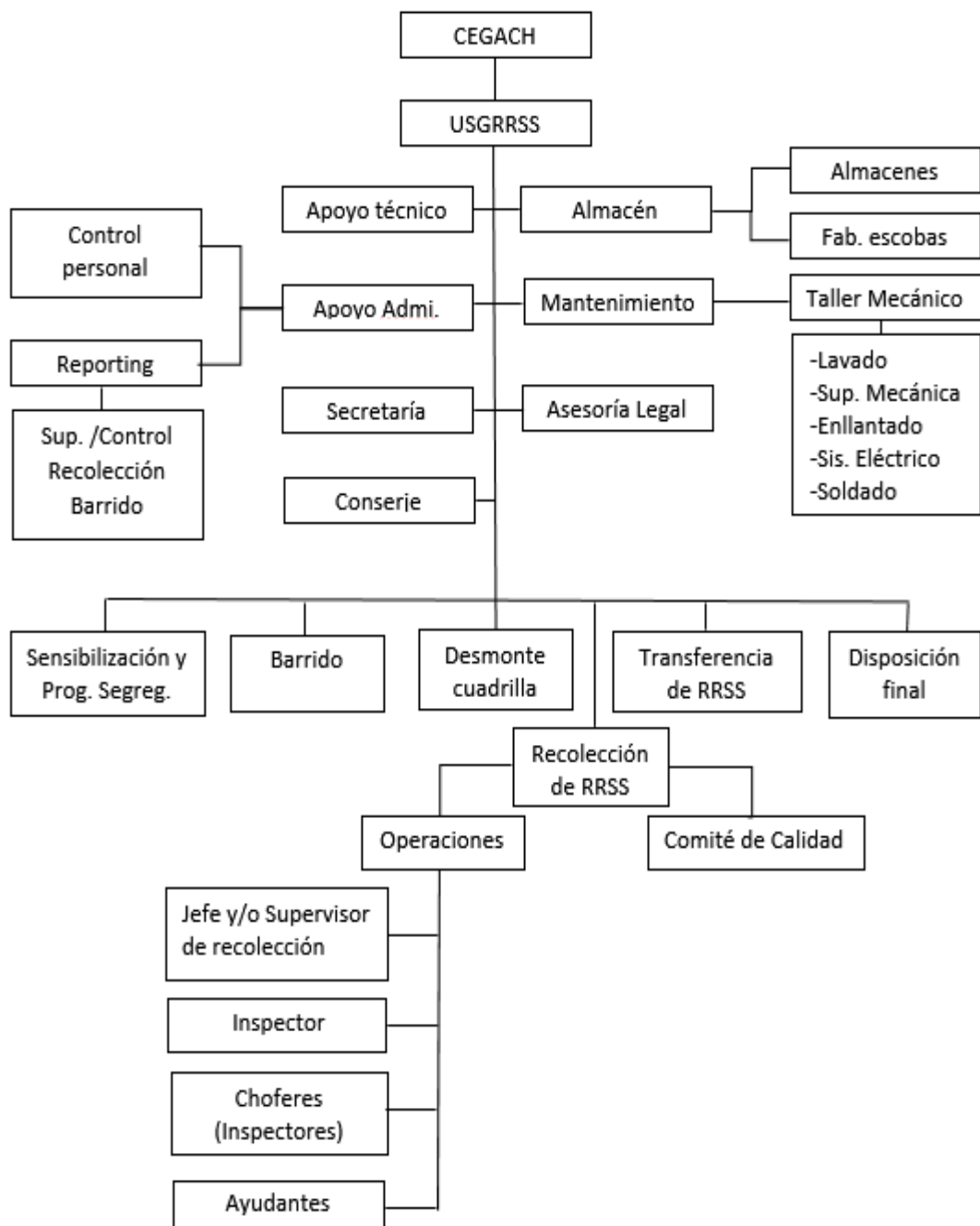
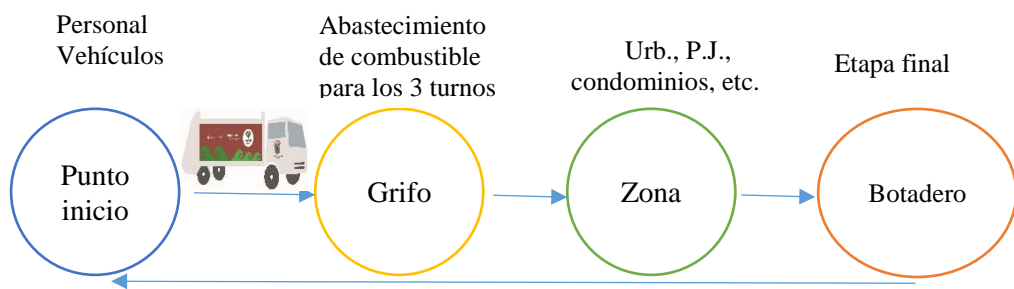


Figura 8. Nueva estructura orgánica del sistema de recolección en el distrito de Chiclayo

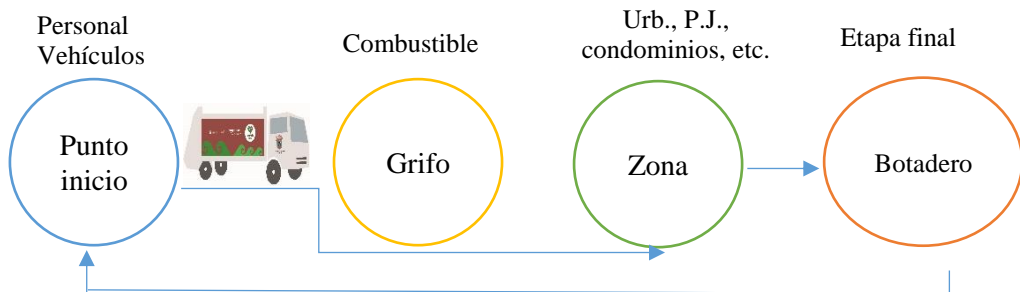
3.2.3. MEJORA DEL RECORRIDO DE LOS VEHÍCULOS PARA EL RECOJO DE BASURA

Como mejora del recorrido actual de los vehículos compactadores en los tres turnos y de la problemática que existe en el **grifo** para el abastecimiento de combustible, se estima que aproximadamente las compactadoras se demoran 15min a 30 min, ante este problema, a través del análisis y criterio para una solución, se plantea que los vehículos compactadores encargados del tercer turno antes de dirigirse a su zona, se dirijan al grifo para abastecer de combustible suficiente para los tres turnos a realizar, de tal forma que el primer turno, no tenga la necesidad de ir al grifo al igual que el segundo turno, así evitar los tiempos muertos de 15min- 30min. Se representa de la siguiente manera.

Tercer turno



Primer turno



Segundo turno

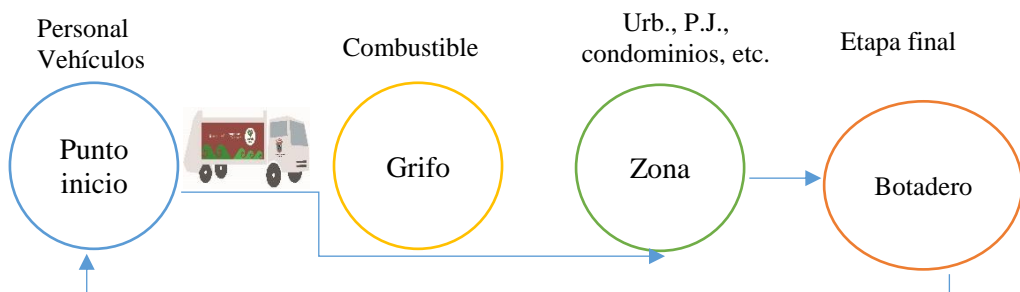


Figura 9. Secuencia de recorrido propuesto para los vehículos compactadores

En un futuro, al contar con la planta de transferencia el recorrido de los vehículos será más eficiente al obtener más horas efectivas para la recolección de los residuos, ya que actualmente se pierden un promedio de 90 minutos entre ida y regreso del botadero que se encuentra ubicado en la salida del distrito de Reque.

El recorrido quedaría representada de la siguiente manera

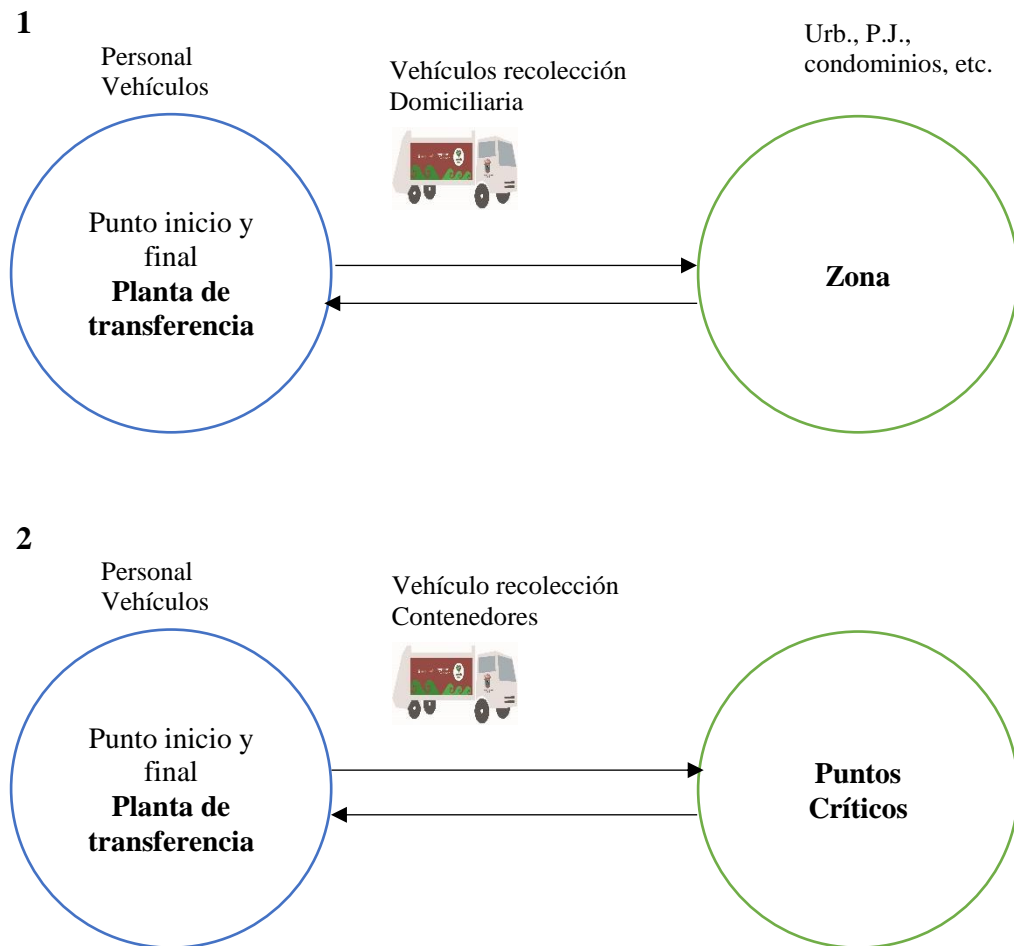


Figura 10: Modelo de recorridos de las compactadoras y la Compactadora para los contenedores soterrados.

3.2.3.1. Mejora del ruteo de los vehículos

Respecto a la mejora del ruteo de los vehículos compactadores se ha tomado en cuenta las macrorutas (zonas) que han sido definidas por la municipalidad Provincial de Chiclayo para la recolección actual de los residuos sólidos en el Distrito de Chiclayo.

a) Micro ruta

Actualmente el distrito Chiclayo tiene las zonas definidas para la recolección de los residuos, pero no cuenta con un microruta establecida en cada zona, es por ello que la forma de ruteo dentro de la zona se deja a disposición del chofer según como él lo pueda hacer, a consecuencia de esto se tiene el mal ruteo (los choferes pasan 4 o 5 veces por la misma calle o avenida) y también la cobertura de la zona no logra ser al 100%, por el tiempo mal empleado.

Para la mejora de la microruta se ha establecido lo siguiente:

- Mejorar la microruta de los vehículos compactadores para una zona en cada turno para el sistema actual de recolección de residuos sólidos
- Micro ruta establecida para los vehículos compactadores en dos zonas contando en un futuro con una planta de transferencia
- Micro ruta del vehículo compactador grúa encargado de los contenedores soterrados.

b) Metodología empleada

La metodología empleada para el desarrollo de las rutas se ha realizado mediante la Sistema de información de Geográfica ArcGIS Desktop 10.4 y las diferentes extensiones de que dispone. En este trabajo se ha empleado las extensiones de análisis espacial, análisis de redes de (Network Analyst) y ArcMap la plataforma principal para crear la red.

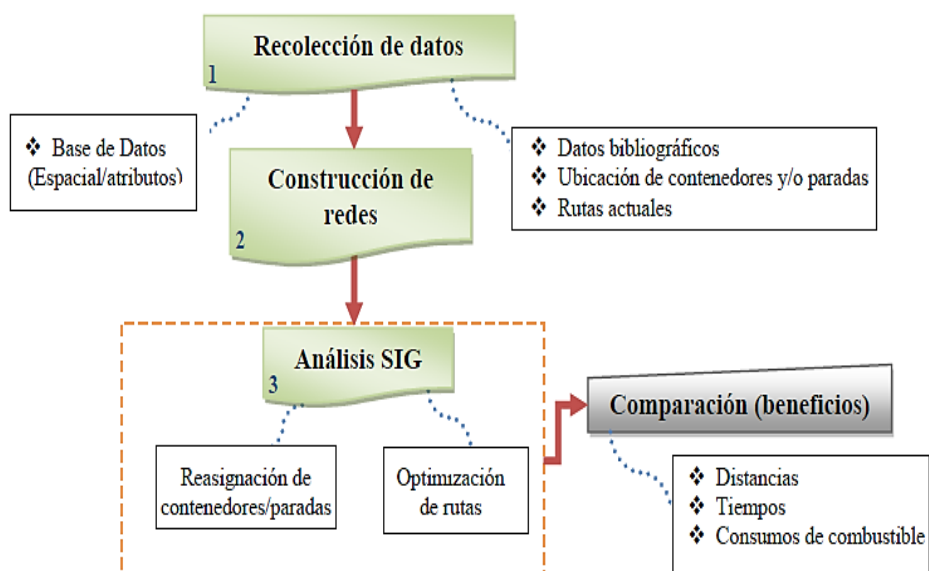


Figura 11. Metodología empleada

c) Procesos y Resultados

Análisis de la información existente:

- **Open street Map y cartografías (Shapefile)**

Se ha partido de la seguridad que nos proporcionan los investigadores del centro, de que la capa del *Open Street Map* (también conocido como **OSM**) es la más adecuada, es una herramienta que nos brinda información acerca del área que queremos estudiar, tales como calles, carreteras, avenidas, entre otros. Lo cual también es preciso realizar un análisis de esta capa a nivel de edición y de atributos que se otorgan a cada entidad a través de su tabla adjunta. Se analizó la cartografía digital del IGN² y se valoró para su uso parcial en la red general de transporte, tanto como parte de la red, como posible fuente de mejora de la de *Open Street Map*. Anexo 23

Través del IGN se descargó cartografías de límites distrital, provincial y departamental (formato shapefile), también información de cuencas hidrográficas habientes en el departamento de Lambayeque nos permiten darle un mejor perfil a nuestra área de estudio.

Trabajo en software:

- **Global Mapper**

Esta herramienta me permitió visualizar la imagen descargada del servidor Open Street Map y a través de ello permitió extraer los datos vectoriales, en este caso las calles y avenidas del distrito de Chiclayo. Para luego ser exportada, trabajada y modelada en la sección ArcMap (ArcGIS). Anexo 24

- **ArcMap**

ArcMap es la aplicación principal de ArcGIS. Se utilizó para realizar muchas de las tareas habituales de SIG, así como tareas especializadas. A continuación se enumeran algunos flujos de trabajo habituales que puede realizar:

Trabajar con mapas: Puede abrir y utilizar documentos de ArcMap para explorar información, desplazarse por los documentos de mapa, activar y desactivar capas, realizar consultas en entidades para acceder a todos los datos de atributos que forman parte del mapa, y visualizar la información geográfica.

Imprimir mapas: con ArcMap puede imprimir mapas, muy sencillos o cartografía compleja. Compilar y editar datasets SIG ArcMap.

Utilizar geoprocésamiento para automatizar el trabajo y realizar análisis SIG es visual y analítico. ArcMap tiene la capacidad de ejecutar cualquier modelo o secuencia de comandos de geoprocésamiento, así como de ver y trabajar con los resultados mediante la visualización de mapas. Anexo 25

Organizar y administrar geodatabases y documentos de ArcGIS ArcMap cuenta con la ventana Catálogo, en la que puede organizar todos los datasets

² IGN: Instituto Geográfico Nacional del Perú, permite descargar cartografías y datos geográficos

y geodatabases SIG, documentos de mapa y otros archivos de ArcGIS, herramientas de geoprocésamiento, y muchos otros tipos de informaci3n SIG. En la ventana Cat3logo tambi3n puede configurar y administrar esquemas de geodatabase.

Publicar documentos de mapa como servicios de mapas mediante ArcGIS for Server El contenido de ArcGIS cobra vida en Internet, mediante la publicaci3n de la informaci3n geogr3fica como una serie de servicios de mapas. ArcMap proporciona una sencilla experiencia al usuario para publicar documentos de mapa como servicios de mapas.

Compartir mapas, capas, modelos de geoprocésamiento y geodatabases con otros usuarios ArcMap cuenta con herramientas que facilitan las tareas de empaquetar dataset SIG y compartirlos con otros usuarios. Adem3s, ofrece la posibilidad de compartir mapas y datos SIG mediante ArcGIS Online.

Documentar la informaci3n geogr3fica. Uno de los objetivos clave de las comunidades de SIG consiste en describir su informaci3n geogr3fica, de forma que ayude a documentar sus proyectos, as3 como a realizar consultas y compartir los datos. Utilizando la ventana Cat3logo puede documentar todo el contenido de SIG.

En esta secci3n se trabaj3, para ir modelando la siguiente red de transporte del distrito de Chiclayo (Area de estudio).ver figura 12.

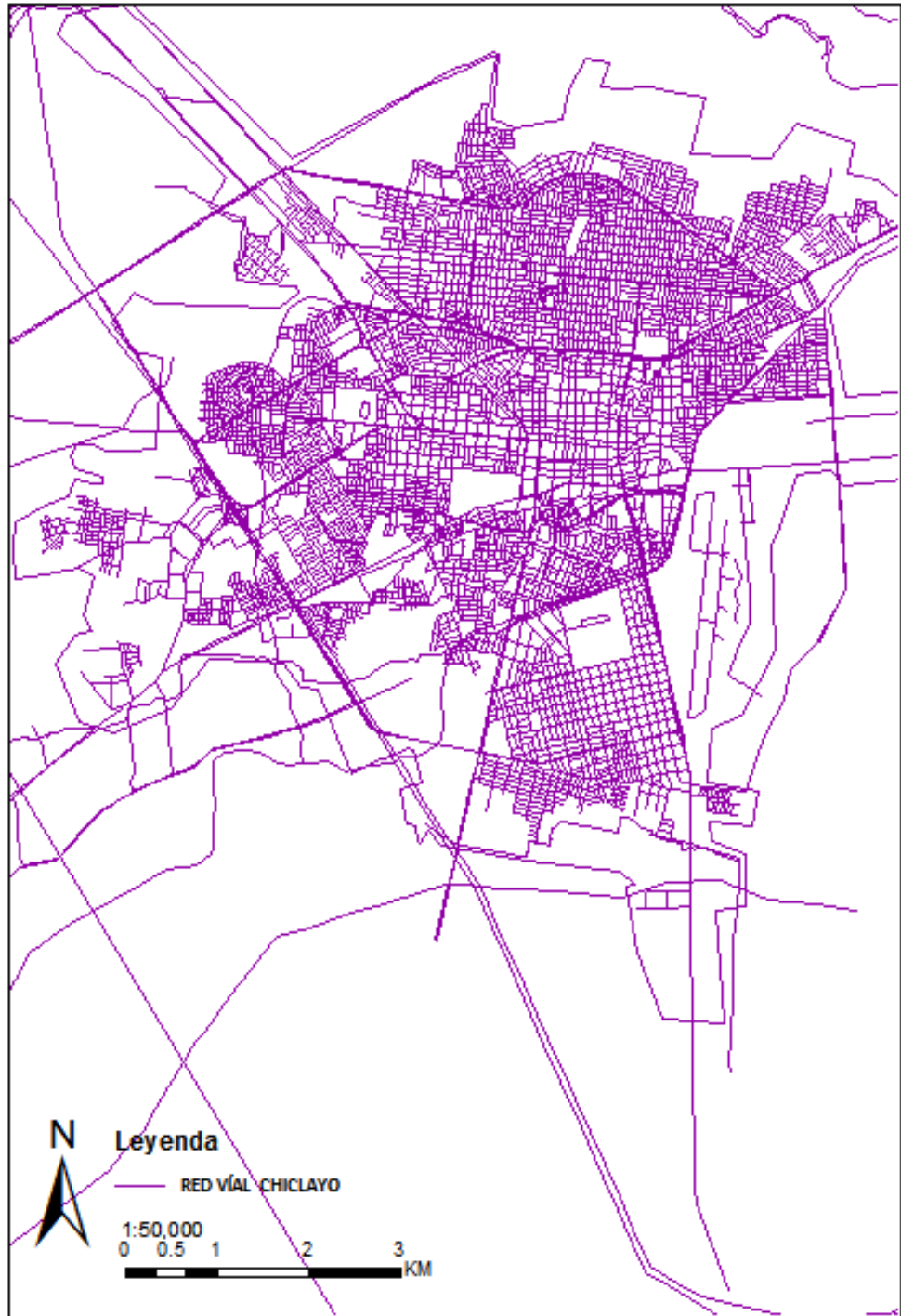


Figura 12. Red de transporte del distrito de Chiclayo

Fuente: ArcGis-ArcMap 10.4 [34], 2016.

Esta valoración de vías aptas, como muchas otras que se realizarán durante todo el proyecto, se han realizado mediante la visualización de fotografías aéreas mediante el servicio de *ArcGis Online*, *google Maps*, y *google earth pro*, añadiendo el mapa base fotografías aéreas.

Siguiendo con la transformación de nuestra red y selección de los tipos de vías, se hace desde la categorización existente en la tabla de atributos (Figura 13) de la capa. En esta destaca la existencia de atributos básicos para la construcción de una red de transporte adecuada que nos permita hacer un análisis de red lo más preciso posible en cuanto a características de movilidad interna para la flota de recolección de residuos.

FID	Shape *	GM_LAYER	GM_TYPE	version	highway	name	id	oneway	surface	ref	maxspeed
0	Pollinea ZM	highway - residential	Residential Road	8	residential	San Martin	29094722	FT			0
1	Pollinea ZM	highway - residential	Residential Road	16	residential	Maria Izaga	29094723	FT	asphalt		0
2	Pollinea ZM	highway - trunk	Major/US Highway	14	trunk	Panamericana norte	29101547		paved	PE-1N	60
3	Pollinea ZM	highway - trunk	Major/US Highway	3	trunk		29101555	FT			0
4	Pollinea ZM	highway - primary	State Highway	16	primary	Avenida Haya de la Torre	29101559	FT		LA-111	60
5	Pollinea ZM	highway - primary	State Highway	17	primary	Avenida Haya de la Torre	29101560	FT		LA-111	0
6	Pollinea ZM	highway - trunk	Major/US Highway	6	trunk	Panamericana norte	29101561	FT		PE-1N	60
7	Pollinea ZM	highway - trunk	Major/US Highway	7	trunk	Panamericana norte	29101562	FT		PE-1N	60
8	Pollinea ZM	highway - primary	State Highway	9	primary		29101572	FT			0
9	Pollinea ZM	highway - trunk	Major/US Highway	6	trunk	PE-06A	29101575	FT		PE-06A	0
10	Pollinea ZM	highway - trunk	Major/US Highway	5	trunk	Ruta 6a	29101577			PE-06A	0

longitud_m	FNODE_	TNODE_	FT_MINUTES	TF_MINUTES	T_ELEVE	F_ELEV	jerarquia	Coms_GI	costosoles	CO2
565.918	2954	2925	3.773	3.773	0	0	4	0.056592	0.509326	0.492711
700.495	3089	3641	4.67	4.67	0	0	4	0.07005	0.630446	0.609879
19705.9	0	0	21.497	21.497	0	0	1	1.97059	17.73531	17.156745
23.1243	4074	4072	0.025	0.025	0	0	1	0.002312	0.020812	0.020133
2563.58	0	0	3.845	3.845	0	0	2	0.256358	2.307222	2.231955
2561.74	0	0	3.843	3.843	0	0	2	0.256174	2.305586	2.230353
261.196	0	0	0.285	0.285	0	0	1	0.02612	0.235076	0.227408
254.054	0	0	0.277	0.277	0	0	1	0.025405	0.228649	0.22119
23.0398	3708	3699	0.035	0.035	0	0	2	0.002304	0.020736	0.020059
354.661	0	0	0.387	0.387	0	0	1	0.035466	0.319195	0.308782

Figura 13. Atributos capa origen red vial Chiclayo- Arcmap.

Fuente: ArcGis-ArcMap 10.4 [34], 2016.

- Atributo “Highway” (tipo de vía), 8 tipos que formarán la capa red de carreteras principales:
 - Trunk: carretera de primer orden, similares a carreteras nacionales del IGN.
 - Trunk_link: tramos enlace de carreteras de primer orden.
 - Primary: carreteras de segundo orden, principales carreteras autonómicas.
 - Primary_link: tramos enlace de carreteras de segundo orden.
 - Secondary: carreteras de tercer orden, secundarias en importancia de las autonómicas.
 - Tertiary: carreteras de cuarto orden, o terciarias en importancia de las autonómicas.
 - Tertiary_link: tramos enlace de carreteras de cuarto orden.
 - Residential: calles urbanas de diferente orden, importantes al suponer, sobre todo en localidades rurales, el enlace a caminos y pistas forestales.

- Atributo “oneway” (sentido único), este atributo indica que vías son de un solo sentido de circulación, su contenido deberá ser cambiado por FT (From-To) ya que prácticamente la totalidad de vías con este atributo están editadas en el sentido de la circulación.

Para este atributo se ha realizado tomando en cuenta el sentido de las calles de nuestra localidad y la dirección del arco de las calles editadas en ArcMap.

- TF: Dirección prohibida en la dirección de arco
- FT: Dirección prohibida en la dirección contraria del arco
- N: Dirección prohibida
- 00: Dirección doble sentido

- Atributo “Distancia” Metros

Este atributo nos permite almacenar la distancia de las calles, este atributo es muy importante porque nos permite obtener la ruta más corta entre un punto a otro en función de la distancia.

- Atributo “Jerarquía (Hierarchy)”

Es un atributo para ordenar la infraestructura vial, decidir que vías de desplazamiento se acomodan a una determinada categoría de circulación

Para nuestro caso se ha tomado lo siguiente:

Tabla 46. Valores asignados atributo jerarquía

Categoría	Jerarquía	Velocidad en metros/hora
Trunk	1	55000
Primary	2	40000
Primary_link	2	40000
Secondary	3	40000
residencial	4	9000
otros	5	20000

Ejemplo: categoría Trunk, quiere decir carreteras de primer orden, como la panamericana norte, quiere decir que si el vehículo compactador entra a esta vía recorre con una velocidad de 55 000 m/h.

Las velocidades se han obtenido, realizando un análisis estadístico del km promedio recorrido por las compactadoras a través de la data del sistema GPS e información por parte de los choferes a cargo de las unidades de recolección. Es por ello que se ha establecido indicadores.

- Atributo “Tiempo” Minutos

Este atributo se obtiene desde columnas de la tabla. La columna Desde-Hacia (FT_minutos) y Hacia-Desde (TF-minutes), este atributo será usada por

Network Analyst para calcular el tiempo en minutos. Para obtener los valores de Aplico la formula siguiente.

$$t = \frac{(m \times k)}{v}$$

Donde:

t =Tiempo de desplazamiento (min)

m= Distancia en metros del segmento (m)

k = constante de tiempo (60 minutos)

v = Velocidad según la jerarquía (metros/hora)

Ejemplo:	Categoría	Expresión
	Trunk	([Meters]*60) /55000

- Atributo “consumo de combustible” gal

Este atributo nos permitirá obtener el consumo de combustible por cada kilómetro recorrido. Para obtener este valor se ha tomado como referencia el indicador brindado por la Consultura, en promedio cada compactadora en su recorrido consume **10 km/gal**. Con se ha procedido al cálculo, expresando la siguiendo Formula:

$$Gal = \frac{\text{Meters (m)}}{\frac{10\text{km}}{\text{gal}} \times \frac{1000\text{m}}{1\text{km}}}$$

gal = galón de combustible consumido por recorrido

Atributo “Costo del Combustible” en soles

Se tiene que el precio galón de combustible está 12,39 soles.

$$Precio = gal * 12,39 \text{ soles}$$

- Atributo “CO₂ producido” kg CO₂

Según referencias e información buscada tenemos que en promedio un camión, produce 2,3 kg CO₂ por litro petróleo consumido, hay tomar en cuenta que el CO₂ producido se relaciona también con el estado del vehículo, entre otros factores.

Una vez establecido todos los atributos, y modelado nuestra red de estudio, agregando capas, modificando vías, nuestra área de estudio quedó modelada de la siguiente forma con detalles agregados. Ver figura 14

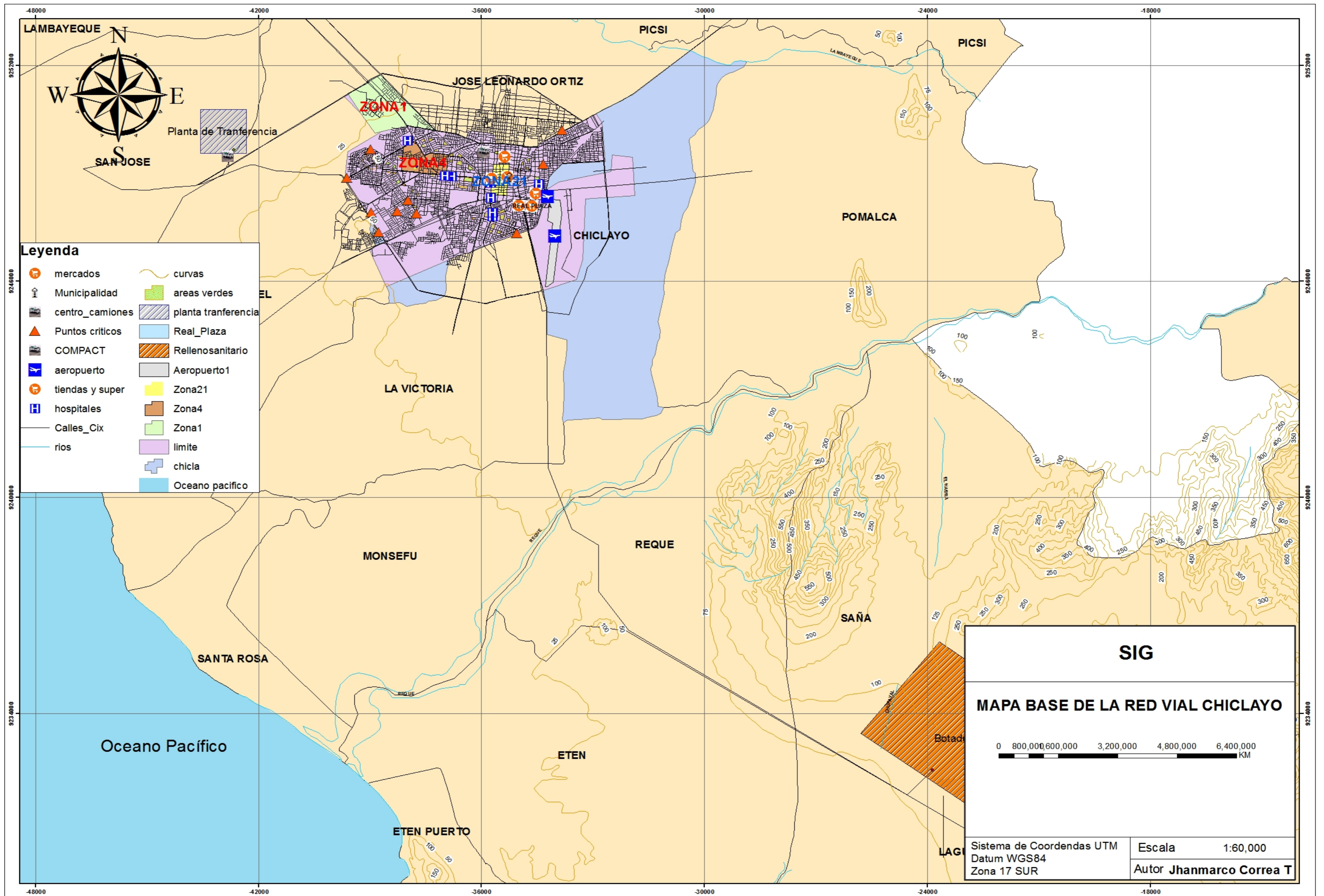


Figura 14. Mapa de la red vial con detalles.

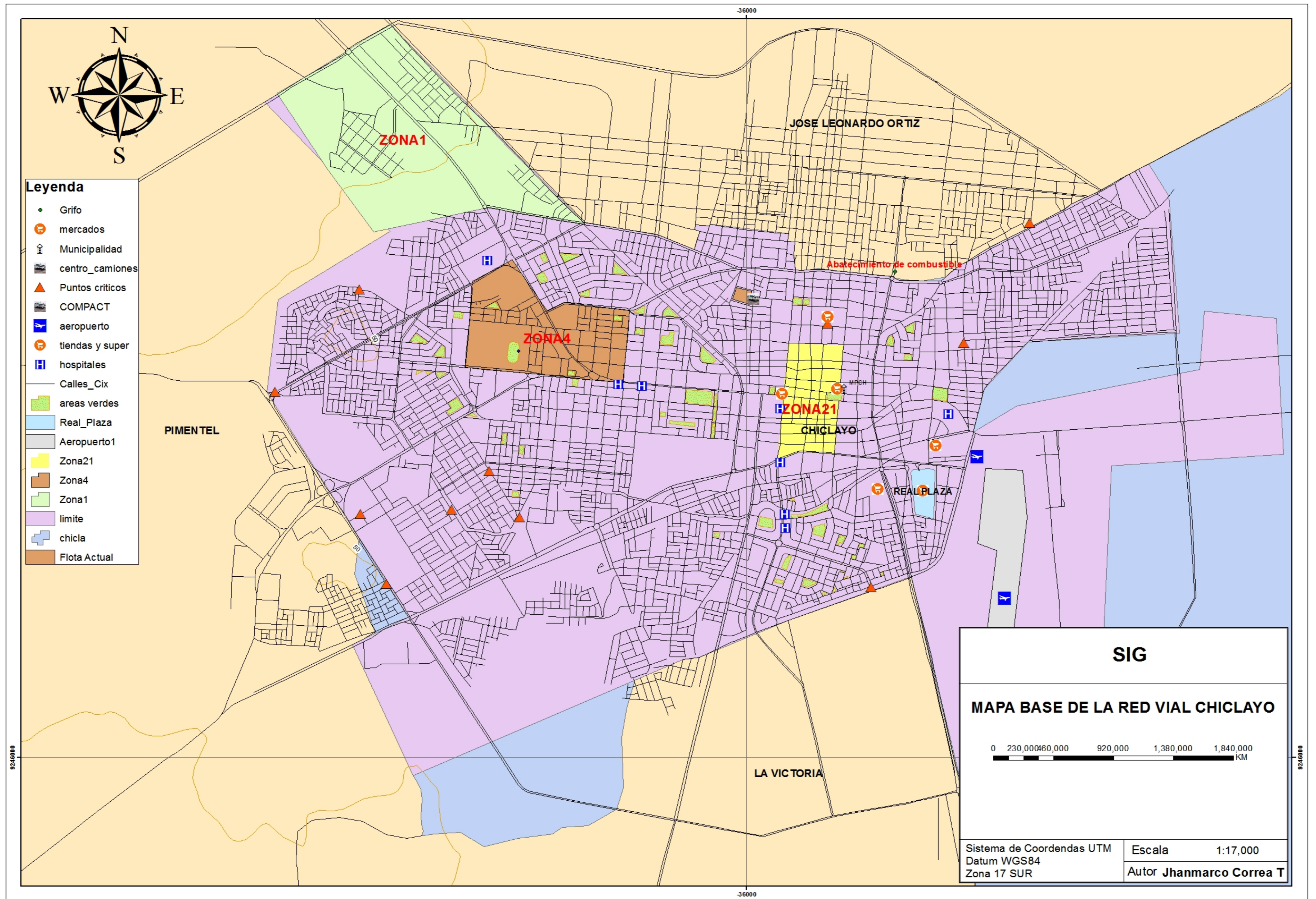
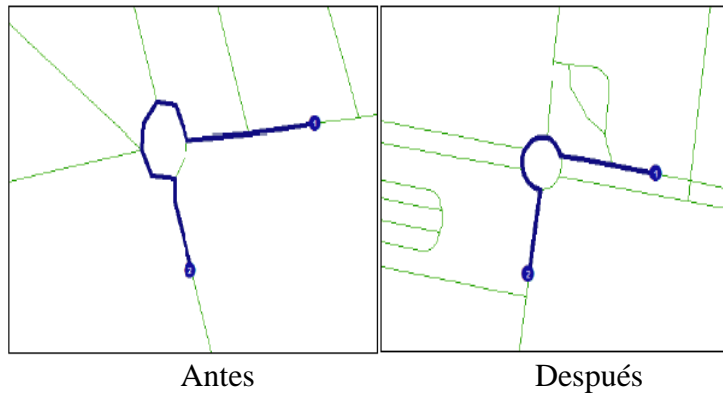


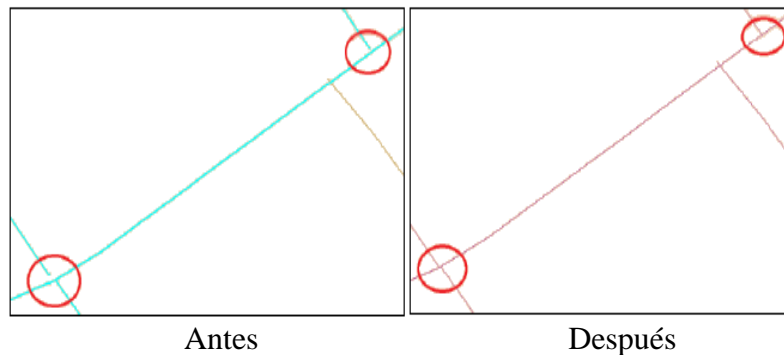
Figura 15. Mapa de la red vial con detalles.



Antes Después

Figura 18. Ejemplo de reconstruir una curva

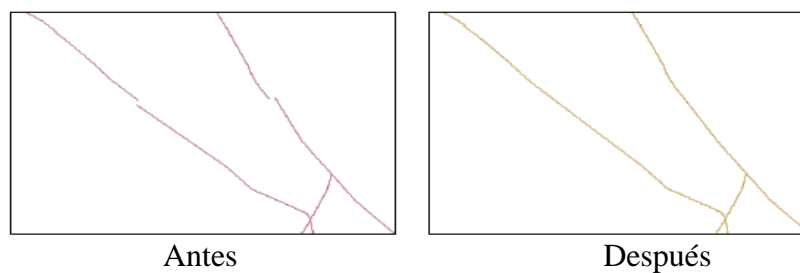
3. **Ampliar Línea.** Esta herramienta extiende segmentos de línea hasta la primera entidad que intercepta dentro de una línea especificada.



Antes Después

Figura 19. Ejemplo de ampliar una línea

4. **Alinear.** Esta Herramienta permite Desplazar puntos o vértices para que coincidan exactamente con los vértices, bordes o puntos finales de otras entidades. Se puede especificar reglas de alineación para controlar si los vértices de entrada se alinean al vértice, borde o extremo más cercano dentro de una distancia especificada.



Antes Después

Figura 20. Ejemplo de alineación

Con estas herramientas se pudo reconstruir la red de transporte y dar pase al proceso final de análisis de Red (Network Analyst).

Proceso de análisis de red (Network Analyst)

Con la capa de red creada se procede a crear un dataset de red con la herramienta Arcgis 10.4. Anexo 26.

Durante el proceso de creación se va añadiendo una serie de atributos necesarios para obtener resultados de la ruta más corta. Figura 21

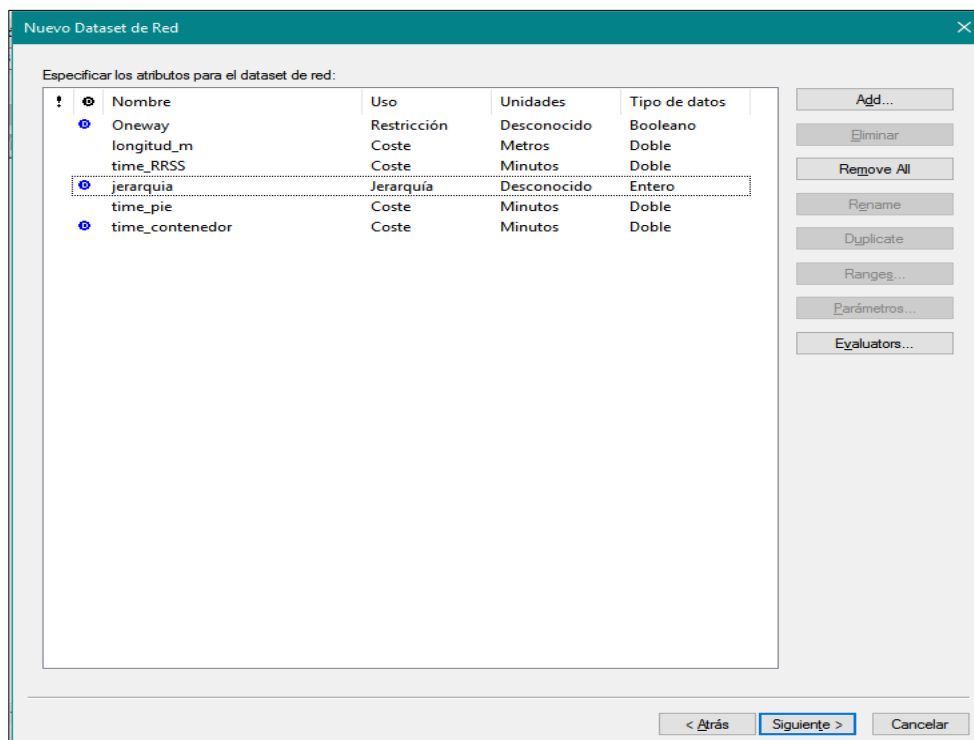


Figura 21. Atributos del Dataset de Red

Fuente: Detased de red-ArcMap 10.4 [35], 2016.

Rutas de recogida en tres zonas seleccionadas sin estación de transferencia (zona 21, 1 y 4)

Para el análisis de las rutas de recolección se ha seleccionado 3 zonas representativas en tres turnos diferentes.

Zona 21 tercer turno: Cercado de distrito de Chiclayo, comprende mercado Central de Chiclayo, tiendas Ripley, Parque Principal de Chiclayo y conjunto habitacional Pascual Saco.

Zona 4 Primer turno: Periferia del distrito de Chiclayo, comprende P.J. Túpac Amaru, Urb. Los Bancarios, Estadio Elías Aguirre y P.J. Ricardo Palma.

Zona 1 segundo turno: Oeste del distrito de Chiclayo comprende Urb. Cruz de Chalpón, Urb. Del Ingeniero II, Urb. El Carmen, Urb. Santa Ana y Urb. Derrama Magisterial.

Estas zonas elegidas, previamente han sido estudiadas de tal forma de visualizar, si existen calles sin acceso, puntos de mayor aglomeración de

basura, y de esta manera ubicar los tiempos necesarios (tabla de atributos), que requiere dicho compactador en cada punto.

Con la red creada se hace uso de la herramienta de New vehicle routing problem o generación de rutas para vehículos nuevos, esta herramienta muestra el ruteo de las zonas de manera óptima. En los anexos 27A, 27B, 27C, 27D y 27E, se muestran las diferentes tablas y atributos con descripción que contiene una capa de ruta.

Ruta del compactador 94 (Zona 21)

El servicio de recolección de la zona 21 se realiza en tercer turno, dicha zona se recolecta un promedio 5, 56 toneladas de residuos sólidos diarios, y la capacidad de la compactadora que brinda el servicio es 6,5 toneladas. Para la ruta se ha destinado la ubicación de botes de basura en cada esquina de cada parcela de uso residencial, estas permitirán por donde tiene que dirigirse la compactadora, y se les asigna un tiempo de parada de un minuto este tiempo será lo suficiente si hay problemas de tráfico o por demora, mayormente en cada esquina los usuarios aglomeran mayor residuo, hay que tener en cuenta que en esta zona no hay puntos críticos, se tiene que recorrido del compactador será a una velocidad 9 km/h, con esta velocidad se considera que los operarios no tendrán problemas para recoger los botes de basura a pie de vereda.

En la figura 22, se muestra el recorrido óptimo para la compactadora a cargo de esta zona, la manera de guiarse en su recorrido es a través de los números que se visualizan. Ejemplo del punto 1 pasa al punto 2 y así sucesivamente.

Como punto de partida y final de recorrido de los vehículos, ubicado en la Av. Angamos, el grifo para abastecer combustible se ubica Av. Sáenz Peña y la descarga de los residuos en el botadero salida Reque.

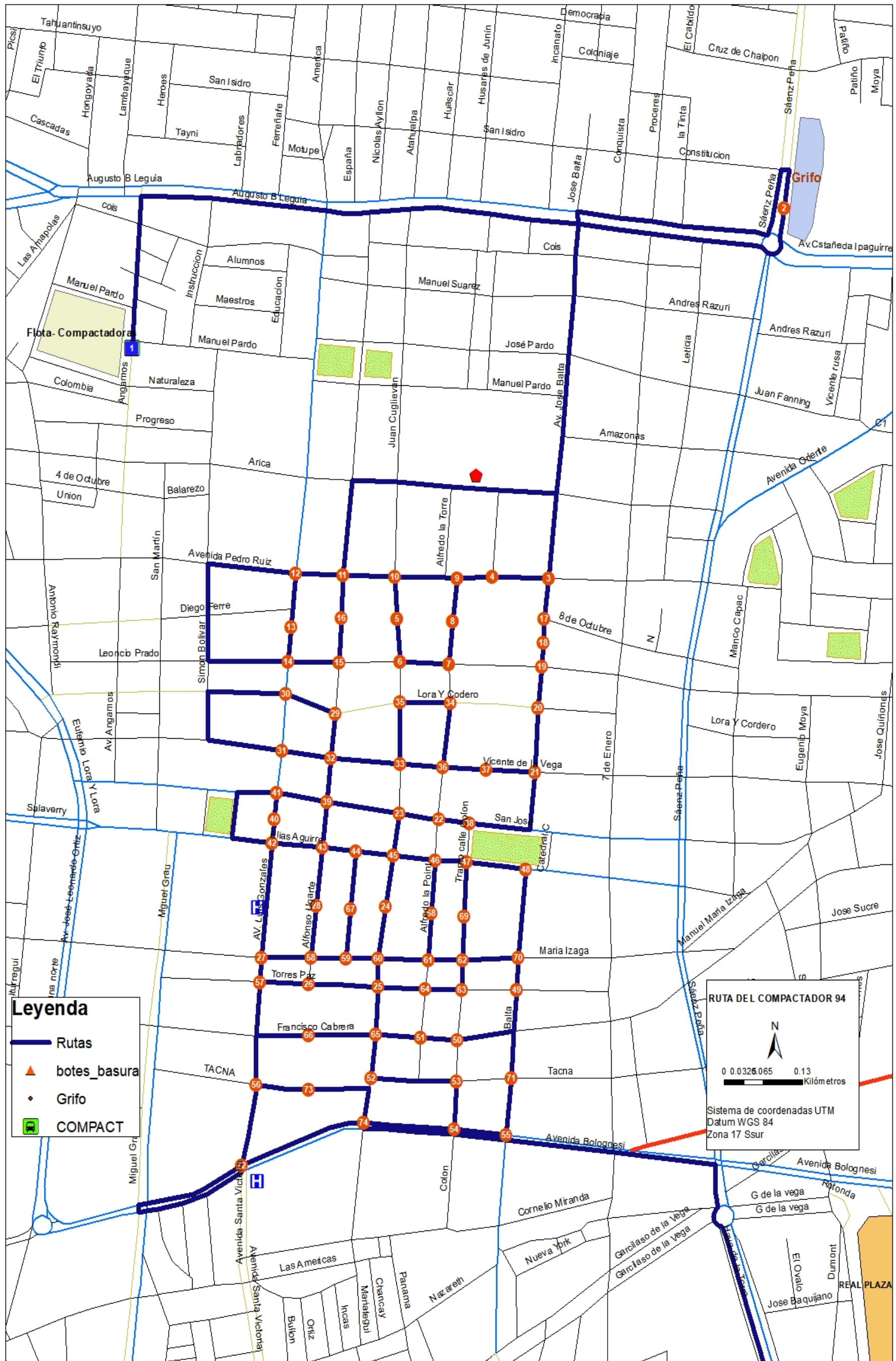


Figura 22. Nueva ruta de la zona 21

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

En la tabla 47, se muestran los tiempos expresado en (h:min) y la distancia de recorrido de la zona 21, el tiempo que sale la compactadora de la Av. Angamos es las 9:00 pm, Se dirige al grifo para el abastecimiento de combustible, se dirige a su zona e inicia su zona a las 9:18 pm, termina de recoger los residuos en toda su zona a las 11:27 pm, se dirige al botadero para descargar sus residuos llega al botadero a las 11:56 pm, se demora 15 para la descarga de los residuos y las 12:11 am sale del botadero para dirigirse al punto de inicio Av. Angamos llegaría aproximadamente a las 12:50 am tenemos que el tiempo total que le lleva hacer su recorrido es de 03h 50 min, con una distancia total de recorrido de 62, 61 km. También se muestra el tiempo de retraso en el punto de inicio de 10 min, la unidad saldría a las 9:10 pm.

Tabla 47. Tiempos de la ruta nueva zona 21

Tiempo Inicio (h:min)	Inicio Zona (h:min)	Fin zona (h:min)	Llegada Botadero (h:min)	Salida Botadero (h:min)	Fin (h:min)	Tiempo total (h:min)
09:00pm	09:18pm	11:27pm	11:56pm	12:11am	12:50am	03:50
09:10pm	09:28pm	11:37pm	12:06am	12:21am	01:00am	03:50
km total	37,72 km		24,89 km		62,61 km	

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Ruta del compactador 82 (Zona 4)

El servicio de recolección de la zona 4 se realiza el primer turno, dicha zona se recolecciona un promedio 6, 08 toneladas de residuos sólidos diarios, y la capacidad de la compactadora que brinda el servicio es 6,5 toneladas, se le ha asignado paradas de 1 minuto en cada esquina de cada parcela, en las esquinas aglomeran mayor residuos, la compactadora dentro su zona recorre a una velocidad mínima de 9km/h, una velocidad en la que los operarios no tendrán problemas para recoger los botes de basura durante el recorrido en dicha zona. En esta zona no hay puntos críticos que presenten mayor aglomeración de residuos

En la figura 23, se muestra el recorrido óptimo para la compactadora a cargo de esta zona, la manera de guiarse en su recorrido es a través de los números que se visualizan.

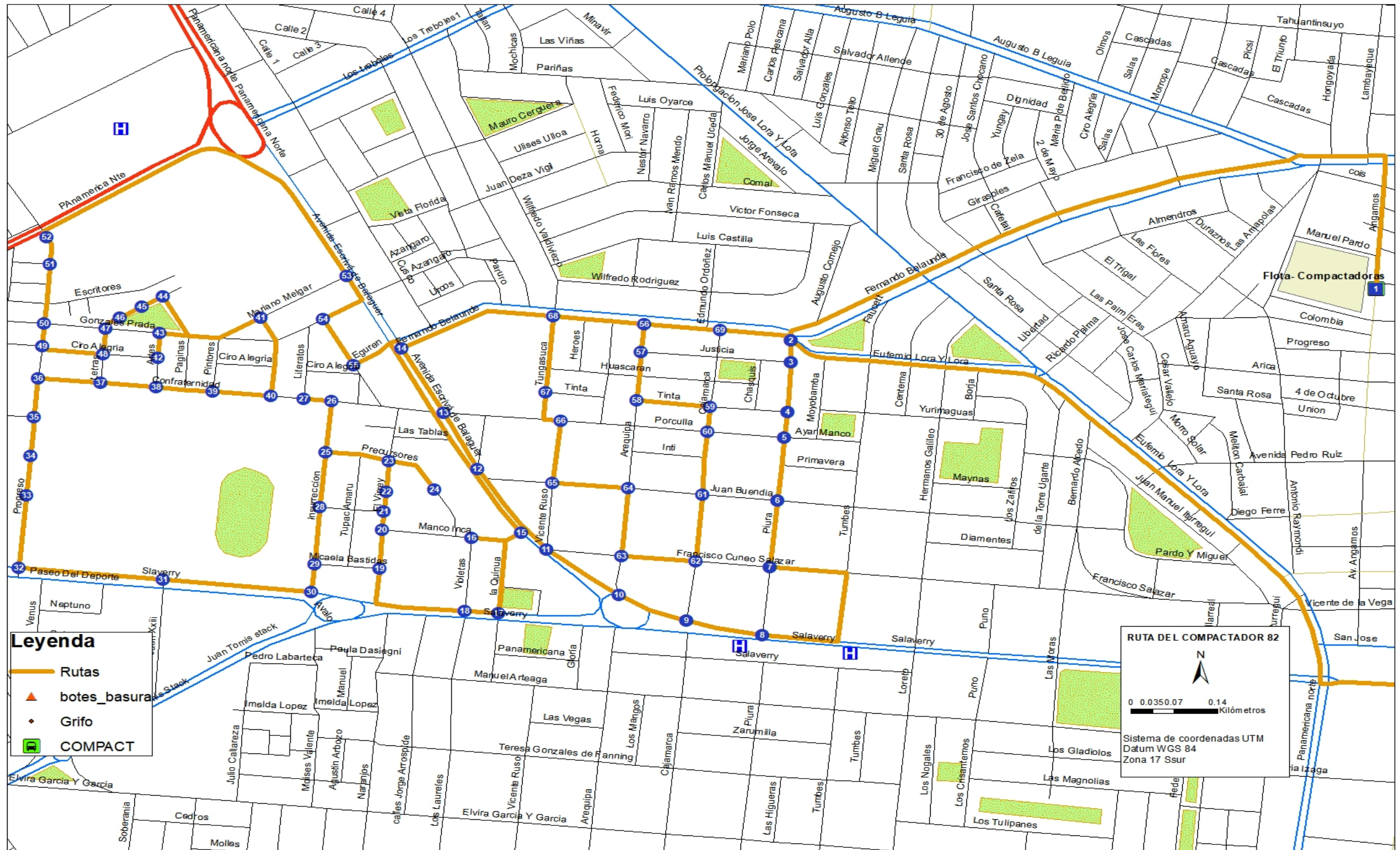


Figura 23. Nueva ruta de la zona 4

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016

En la tabla 48, se muestran los tiempos expresado en (h:min) y la distancia de recorrido en km de la zona 4, el tiempo de inicio 04:00 am, se dirige a su zona e inicia su zona para la recolección de residuos a las 04:04 am, termina de recoger los residuos en toda su zona a las 06:01 am, se dirige al botadero para descargar sus residuos llega al botadero a las 06:34 pm, se demora 15 para la descarga de los residuos y las 06:49 am sale del botadero para dirigirse al punto de inicio Av. Angamos llegará aproximadamente a las 07:28 am tenemos que el tiempo total que le lleva hacer su recorrido es de 03h 28 min, con una distancia total de recorrido de 60,46 km. También se muestra tiempo de tolerancia 10 min, la unidad saldría a las 04:10 am.

Tabla 48. Tiempos de la ruta nueva zona 4

Tiempo Inicio (h:min)	Inicio Zona (h:min)	Fin zona (h:min)	Llegada Botadero (h:min)	Salida Botadero (h:min)	Fin (h:min)	Tiempo total (h:min)
04:00am	04:04am	06:01am	06:34am	06:49am	07:28am	03:28
04:10am	04:14am	06:11am	06:44am	06:59am	07:38am	03:28
km total	35,58 km		24,89 km		60,46 km	

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Ruta del compactador 80 (Zona 1)

El servicio de recolección de la zona 1 se realiza el segundo turno, donde se recogen un promedio de 5,34 toneladas de residuos sólidos diarios, y la capacidad de la compactadora que brinda el servicio es 6,5 toneladas, en esta zona se cuenta con 5 puntos de mayor acumulación de residuos se ha asignado un promedio de 8 minutos para brindar servicio a estos puntos y se tiene paradas de 1 minuto durante su trayecto de recorrido.

En la figura 24, se muestra el modelo óptimo de recorrido para la zona 1.

En la tabla 49, se muestran los tiempos expresado en (h:min) y la distancia de recorrido en km de la zona 1, el tiempo de inicio 12:00 pm, se dirige a su zona e inicia su zona para la recolección de residuos a las 12:04 pm, termina de recoger los residuos en toda su zona a las 02:50 pm, se dirige al botadero para descargar sus residuos llega al botadero a las 03:27 pm, se demora 15 para la descarga de los residuos y las 03:42 am sale del botadero para dirigirse al punto de inicio Av. Angamos llegará aproximadamente a las 04:21 pm tenemos que el tiempo total que le lleva hacer su recorrido es de 04 h 21 min, con una distancia total de recorrido de 68, 38 km. Se tiene un tiempo de tolerancia de 10 min por problemas de tardanza de choferes y ayudantes, la unidad saldría a las 12:10 pm.

Tabla 49. Tiempos de la ruta nueva zona 1

Tiempo Inicio (h:min)	Inicio Zona (h:min)	Fin zona (h:min)	Llegada Botadero (h:min)	Salida Botadero (h:min)	Fin (h:min)	Tiempo total (h:min)
12:00pm	12:04pm	02:50pm	03:27pm	03:42pm	04:21am	04:21
12:10pm	12:14pm	03:00pm	03:37pm	03:52pm	04:31am	04:21
km total	43,49 km		24,89 km		68,38 km	

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Ruta del botadero al Punto de inicio (Av. Angamos)

La ruta óptima para el regreso de los vehículos compactadores del botadero hacia el punto de inicio (Av. Angamos), se muestra en la figura 25

El tiempo que les tomaría a las compactadoras por la ruta de regreso del botadero hacia el punto de inicio es de 39 min, con una distancia de recorrido de 24,89km.se muestra en la tabla 50

Tabla 50. Tiempo de la ruta nueva botadero-Av. Angamos

	Tiempo de regreso del botadero hacia el punto de inicio (Av. Angamos) y la distancia
Tiempo Total (minutos)	39 min
km total	24,89 km

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

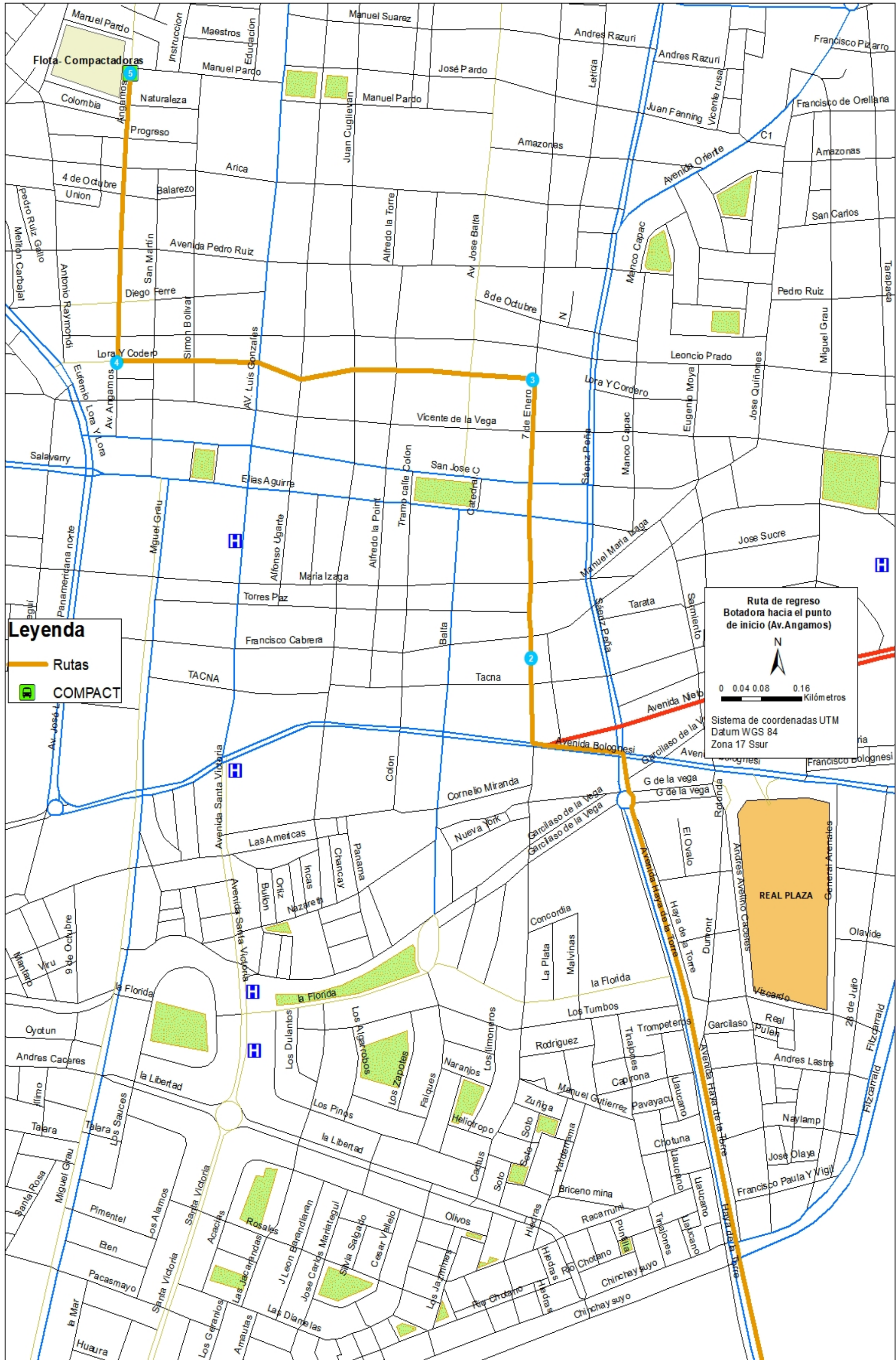


Figura 25: Nueva ruta del botadero-Av. Angamos

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Rutas de Recogida en dos zonas con estación de transferencia (zona 21 y zona 01)

El distrito de Chiclayo, en un futuro contará con una planta transferencia estará ubicada en la carretera Chiclayo salida al Distrito de San José-coordenadas de ubicación UTM Zona 17 Sur 620864,00 m E, 9252077,00 m S. Para ello se realizó una micro ruta para dos zonas (zona 21 y zona 01) las cuales ya han sido estudiadas y para evidenciar el impacto en la reducción de tiempos y distancia contando con una planta de transferencia se empleó la herramienta de planificación de rutas Network Analyst.

Para el ruteo de las zonas, se ha tomado en cuenta los mismos tiempos de parada que han sido especificados para el ruteo de los vehículos sin estación de transferencia.

El punto de inicio y final de recorrido de las compactadoras es en la planta de transferencia

Ruta del compactador 94 (Zona 21)

En la figura 26, se observa el modelo de ruteo para dicha zona donde la compactadora sale la planta transferencia, dirige a su zona para brindar servicio de recolección y retorna a planta de transferencia para descargar los residuos. Como hora de salida se ha tomado las 9:00 pm, llegaría a zona 09:16 pm, termina de recoger los residuos 11:31pm y la hora de llegada de su zona sería a las 11:58 pm, tiempo total de recorrido de la compactadora es aproximadamente 2 h 58 min con una distancia total de 35,42 km. Tabla 51

Tabla 51. Tiempos de la nueva ruta zona 21 con estación de transferencia

Tiempo Inicio (Estación)	Inicio Zona (h:min)	Fin zona (h:min)	Llegada Estación (h:min)	Tiempo total (h:min)
09:00pm	09:16pm	11:31pm	11:58pm	2:58
09:10pm	12:26pm	03:41pm	12:08pm	2:58
km total	35,52 km			

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.



Figura 26. Ruta de la zona 21 con estación de transferencia

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Ruta del compactador 80 (Zona 1)

Se ha considerado paradas de 1 min en cada esquina, y paradas de 8 min en los 5 puntos de mayor aglomeración de residuos en la zona 01

En la figura 27 se observa el modelo de ruteo para para la zona 1 donde la compactadora sale la planta transferencia, dirige a su zona para brindar servicio de recolección y retorna a planta de transferencia para descargar los residuos. Como hora de salida se ha tomado las 12:00 pm, llegaría a zona 12:10 pm, termina de recoger los residuos 02:58pm y la hora de llegada de su zona sería a las 03:15 pm, tiempo total de recorrido de la compactadora es aproximadamente 3 h 15 min con una distancia total de 24,69 km. Tabla 52

Tabla 52. Tiempos de la ruta nueva zona 1 con estación de transferencia

Tiempo Inicio (Estación)	Inicio Zona (h:min)	Fin zona (h:min)	Llegada Estación (h:min)	Tiempo total (h:min)
12:00pm	12:10pm	02:58pm	03:15pm	3:15
12:10pm	12:20pm	03:08pm	03:35pm	3:15
km total	24,69 km			

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016

Ruta compactador Grúa (Recolección de contenedores Soterrados)

Con referencia al volumen de residuos sólidos en los 11 puntos críticos, se menciona lo siguiente:

La capacidad de los contenedores es de 5 000 litros, y en 11 contenedores tenemos 55 000 litros, cuya capacidad del compactador es de 21m³, y en litros estamos hablando de 21 000 litros.

Hay que tener cuenta que un contenedor con capacidad de 5m³ recogido 2 veces por semana será suficiente para una población de 125 habitantes.

Para el sistema de recolección de contenedores sería cada dos días. Se muestra en la tabla 53

Tabla 53. Sistema de recolección para contenedores soterrados

Sistema de Recolección de contenedores	
Días de servicio	Cada dos días 3 viajes /día
Tiempo de servicio en cada contenedor	10 minutos
Punto de salida- entrada	Estación de transferencia
Operarios	1Chofer- 1 Ayudante

En la figura 28, se muestra la ubicación de los 11 contenedores soterrados, los mismos que han sido enumerados, y el compactador grúa tendrá que dirigirse a estos para brindar servicio.

En la figura 29A, se muestra la primera ruta del compactador grúa, punto de inicio la estación de transferencia, se dirige al punto crítico número 9 brinda servicio se estima un tiempo de 10 min, se dirige al punto crítico número 11 con un tiempo de servicio de 10 min, se dirige al punto crítico 3 se demora 10 min y finalmente se dirige al punto crítico 2 le toma 10 min para recoger el contenedor y luego se dirige a la planta de transferencia para botar los residuos. En la tabla 54 se muestra el tiempo y la distancia de recorrido por brindar servicio a los 4 puntos críticos.

Tabla 54. Tiempo de recorrido Ruta 01 compactador Grúa

Tiempo total(h:min)	km Recorrido
1h:25	20,49 km

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

En la figura 29B, se muestra la segunda ruta del compactador grúa, punto de inicio la estación de transferencia, se dirige al punto crítico número 10 brinda servicio se estima un tiempo de 10 min, se dirige al punto crítico número 4 con un tiempo de servicio de 10 min, se dirige al punto crítico 5 se demora 10 min y finalmente se dirige al punto crítico 6 le toma 10 min para recoger el contenedor y luego se dirige a la planta de transferencia para botar los residuos. En la tabla 55 se muestra el tiempo y la distancia de recorrido por brindar servicio a los 4 puntos críticos.

Tabla 55. Tiempo de recorrido Ruta 02 compactador Grúa

Tiempo total(h:min)	km Recorrido
1h:50	24,96 km

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

En la figura 29C, se muestra la tercera ruta del compactador grúa, punto de inicio la estación de transferencia, se dirige al punto crítico número 1 brinda servicio se estima un tiempo de 10 min, se dirige al punto crítico número 8 y finalmente se dirige al punto crítico 7 le toma 10 min para recoger el contenedor y luego se dirige a la planta de transferencia para botar los residuos. En la tabla 56 se muestra el tiempo y la distancia de recorrido por brindar servicio a los 3 puntos críticos.

Tabla 56. Tiempo de recorrido ruta 03 compactador Grúa

Tiempo total(h:min)	km Recorrido
1h:32	29,29 km

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

En resume se tiene que la recolección de los 11 contenedores/día equivale:

Contenedor Mercado Modelo: 3 770 kg

Contenedor 10 puntos restantes: 1000kg/contenedor x 10 = 10 000 kg/día

Total de recolección en contenedores: 3 770 + 10 000 = 13 770 kg/día

Con la información actual de la cobertura de recolección:

Recolección de residuos actual = 183 590, 714 kg/día (1)

Total de generación de residuos = 253 260 kg/día (2)

Se tiene:

Total de recolección en contenedores + recolección actual

13 770 kg/día + 183 590, 714 kg/día = 197 360, 714 kg/día (3)

Cobertura % con la propuesta de contenedores:

= 197 360, 714 / 253 260 x 100

= **78 %**

El valor de la cobertura ascendería a 78 % en comparación 72,49 % actual, esta aumentaría el 5,51%, el indicador 78% se elevaría más aun con el establecimiento de micro rutas en cada zona garantizando un recorrido del 100% de cada zona.



Figura 28: Ubicación de contenedores en los puntos Críticos

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

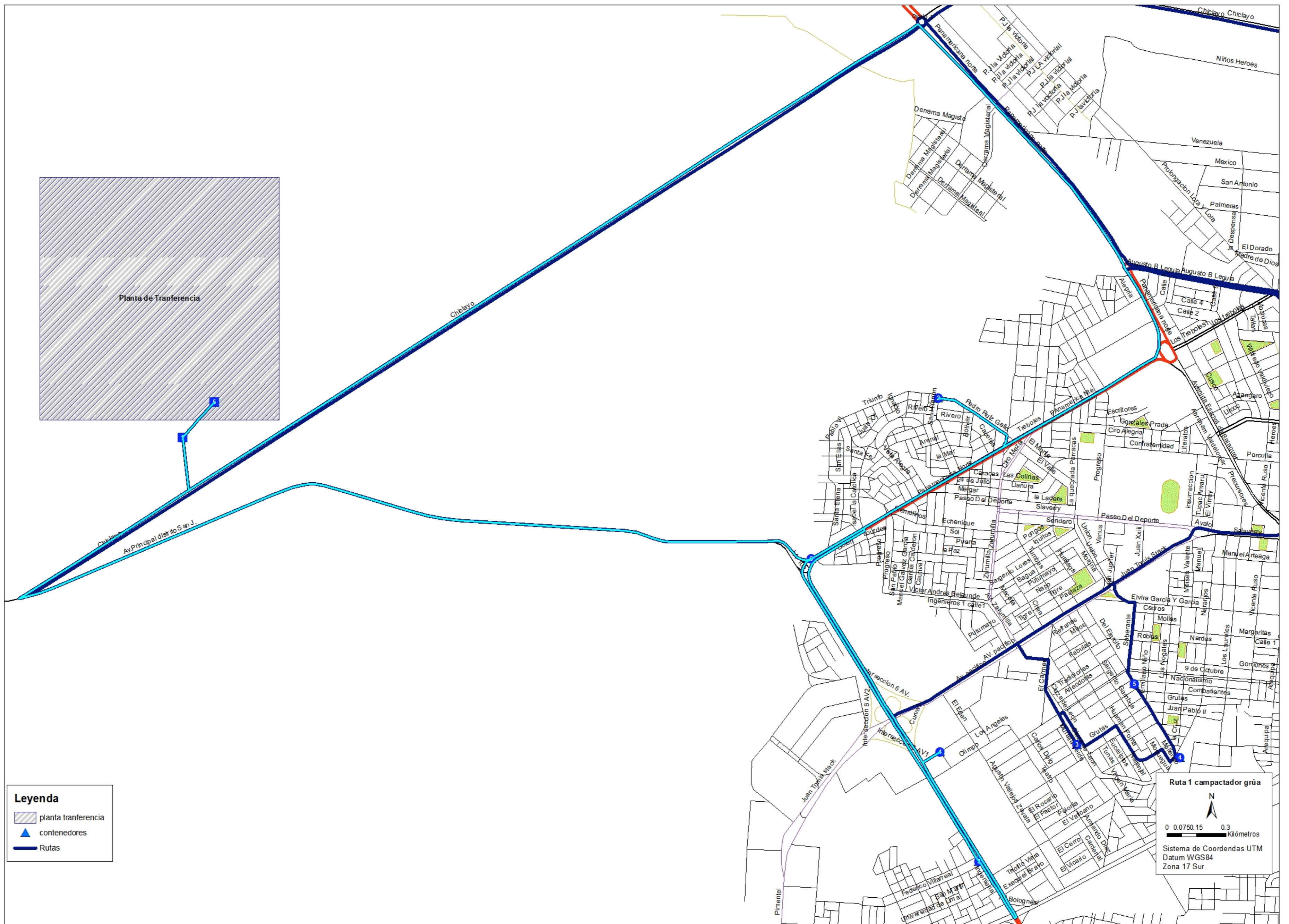


Figura 29A: Ruta 01 del compactador Grúa

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.



Figura 29B: Ruta 02 del compactador grúa

Fuente: Network Analyst- ArcGIS 10.4 [34], 2016.

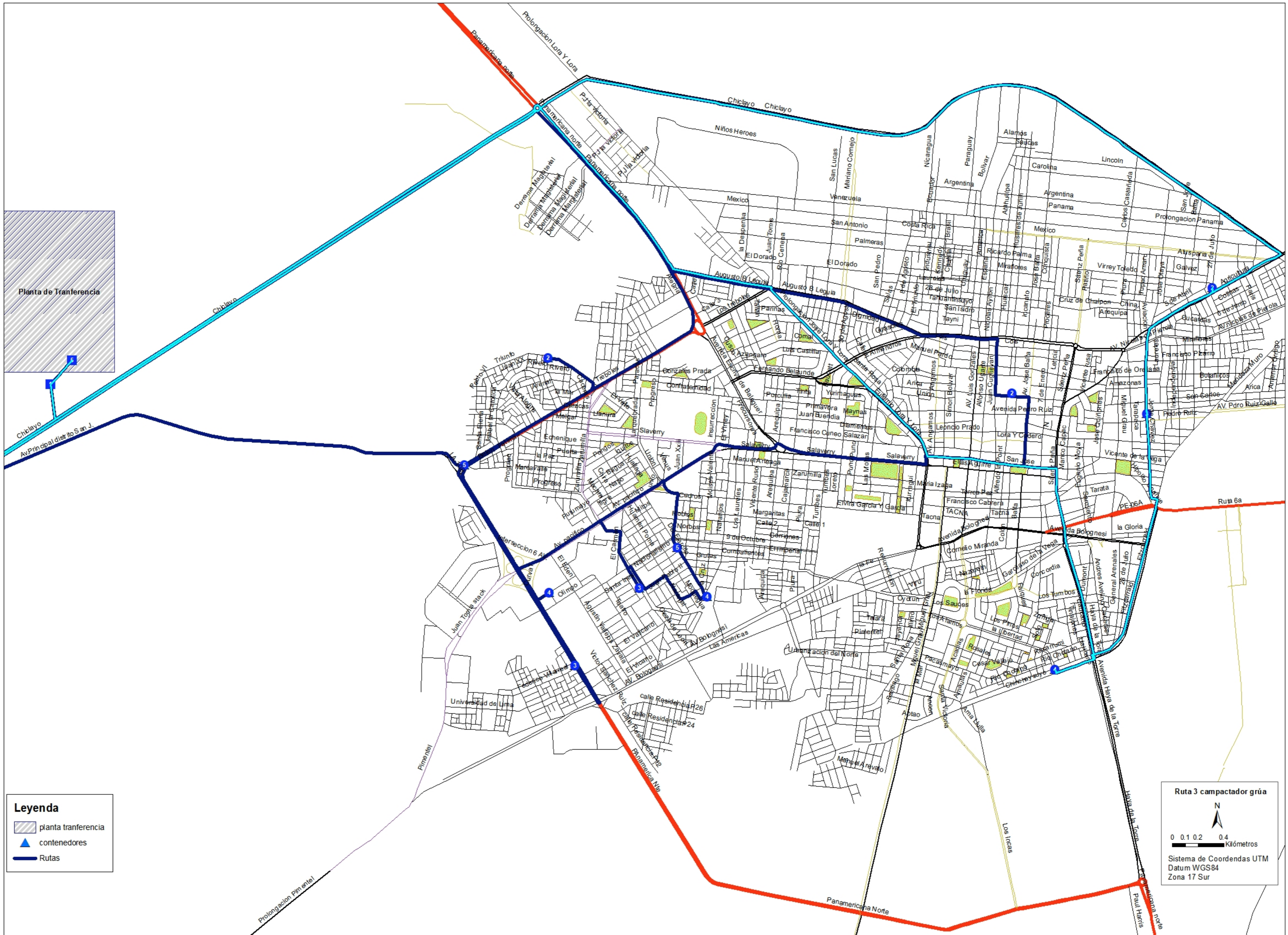


Figura 29C: Ruta 03 del compactador grúa

En la tabla 57, se muestra un resumen y comparación de tiempos y kilometraje de recorrido, en las zonas 21-04-01, se observa que la zona 21 actualmente el promedio de recorrido total es de 5 horas 47 minutos, con un kilometraje de recorrido total de 75,00 km y con la mejora propuesta el tiempo total empleado descendería a 3 horas 50 minutos y un recorrido de 62,61 km.

Tabla 57. Resumen y comparación de tiempos y kilómetros de recorrido (Sin Planta transferencia)

Tiempo Inicio	Inicio Zona	Fin zona	Llegada Botadero	Salida Botadero	Fin	Tiempo total(h:min)
Zona 21 Recorrido actual (Sin mejora)						
09:19pm	09:35pm	1:51am	2:34am	2:48am	3:06am	05:47
km total	75,00 km					
Zona 21 Recorrido (Con mejora)						
09:00pm	09:18pm	11:27pm	11:56pm	12:11am	12:50am	03:50
09:10pm	09:28pm	11:37pm	12:06am	12:21am	01:00am	03:50
km total	37,72 km			24,89 km		62,61 km
Zona 04 Recorrido actual (sin mejora)						
04:10am	04:16am	09:10am	09:59am	10:25am	10:59am	06:49
km total	82,34 km					
Zona 04 Recorrido (Con mejora)						
04:00am	04:04am	06:01am	06:34am	06:49am	07:28am	03:28
04:10am	04:14am	06:11am	06:44am	06:59am	07:38am	03:28
km total	35,58 km			24,89 km		60,46 km
Zona 01 Recorrido actual (Sin mejora)						
12:34pm	12:46pm	05:19pm	06:12pm	06:38pm	07:26pm	06:52
km total	76,93 km					
Zona 01 Recorrido (Con mejora)						
12:00pm	12:04pm	02:50pm	03:27pm	03:42pm	04:21pm	04:21
12:10pm	12:14pm	03:00pm	03:37pm	03:52pm	04:31pm	04:21
km total	43,49 km			24,89 km		68,38 km

Tabla 58. Resumen de tiempos y kilómetros de recorrido (Con Planta Transferencia)

Tiempo Inicio (Estación)	Inicio Zona	Fin zona	Llegada Estación	Tiempo total(h:min)
Zona 21				
09:00pm	09:16pm	11:31pm	11:58pm	2:58
09:10pm	12:26pm	03:41pm	12:08pm	2:58
km total	35,52 km			
Zona 01				
12:00pm	12:10pm	02:58pm	03:15pm	3:15
12:10pm	12:20pm	03:08pm	03:35pm	3:15
km total	24,69 km			

En la tabla 58, se observa que los tiempos, como el kilometraje de recorrido disminuyen considerablemente, estos indicadores se lograrían contando con una planta de transferencia de residuos sólidos y el microruteo planteado.

3.3. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO, ECONÓMICO Y AMBIENTAL

El siguiente Objetivo presenta análisis costo-beneficio, económica y ambiental del proyecto, con el fin de conocer la rentabilidad del proyecto, y el mejor modelo de financiamiento. Para ello, se utiliza como guía los lineamientos del texto “Evaluación estratégica de proyectos de inversión”, tal como afirma Kafka [35].

Para el análisis se ha considerado la mejora del recorrido actual de recolección de residuos sin planta de transferencia, el recorrido óptimo brindado por Network Analyst ArcGis evidencia el impacto en la reducción tiempo y distancia.

3.3.1. ANÁLISIS DE OPERACIÓN

Para empezar a conocer la rentabilidad, es necesario iniciar con el análisis de los drivers que impactan el flujo de caja del proyecto.

Se considera que durante el primer año, teniendo en cuenta el poco tiempo de implementado el proyecto en el año, las capacitaciones y la curva de aprendizaje, se contabilizará para efectos del modelo un impacto de 70% respecto a los beneficios totales para un año.

3.3.1.1. Beneficios

Beneficios generados por la implementación del proyecto.

a. Ahorro de tiempo y mano de obra

Con base a las zonas de estudio (zona 21, zona 04 y zona 01) y el nuevo mapa de ruteo óptimo para las unidades, se tiene el impacto en la reducción de trabajo. Se tiene lo siguiente:

Tiempo total empleado zona 21 = 3 h 50 min
Tiempo total empleado zona 04 = 3 h 28 min
Tiempo total empleado zona 01 = 4 h 21 min
Tiempo total empleado 3 zonas = 11 h 39 min \equiv **12 h**
Tiempo promedio por zona = $12 \text{ h} / 3 =$ **4 h**

Significa, una compactadora con el nuevo ruteo planteado y una jornada laboral de 4 h, puede brindar servicio para una zona y con una jornada laboral de 8 h puede hacer 2 zonas y 3 zonas en 12 h, implicaría trabajar un turno de 8 horas (2 zonas) y el siguiente turno 4 horas (1 zona), y para las 33 zonas la misma jornada laboral. Impacto es significativo en la reducción de mano de obra para las 33 zonas, se estaría reduciendo 1 turno de 8 horas y el otro de 4 h, ahorro del 50 % de tiempo.

En la tabla 59, se aprecia el ahorro de mano obra anual para 1 turno de 8 horas, asciende a 1 414 113 soles y en tabla 60 se muestra el ahorro mano obra anual para un turno de 4 horas asciende 609 090 soles.

Tabla 59. Ahorro por reducción de mano de obra (turno de 8 horas)

(S/)	Ayudantes	Chofer	Controlador	total
N° trabajadores	1	1	1	2
N° De turnos	1	1	1	1
Pago Mensual	1 350,25	2 245,80	1 707,38	5 303,43
N° de sueldos al año	12	12	12	12
Pago anual bruto	16 203,00	26 949,60	20 488,56	63 641,16
Bonificación escolaridad	500	500	500	1 500
Bonif. Día trab. Mun. (32%)	432,08	718,66	546,36	1 697,10
Gratificación Julio (9%)	121,52	202,12	153,66	477,31
Gratificación Diciembre (9%)	121,52	202,12	153,66	477,31
ESSALUD (9%)	1 458,27	2 425,46	1 843,97	5 727,70
Pago anual neto	18 836,40	30 997,96	23 686,22	73 520,58
N° Trabajadores total/turno	38	21	2	61
TOTAL	715 783	650 957	4 7372	1 414 113
Impacto año 1	70%	70%	70%	70%
Inflación año 1	2%	2%	2%	2%
Pago anual neto -año 1 (S/)	511 069	464 783	33 824	1 009 676

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

Tabla 60. Ahorro por reducción de mano de obra (turno de 4 horas)

(S/)	Ayudantes	Chofer	Controlador	total
N° trabajadores	1	1	1	2
N° De turnos	1	1	1	1
Pago Mensual	675,00	1 122,00	853,00	2 650,00
N° de sueldos al año	12	12	12	12
Pago anual bruto	8 100	13 464	10 236	31 800
Bonif. Día trab. Mun. (32%)	216	359,04	272,96	848
Gratificación Julio (9%)	60,75	100,98	76,77	238,50
Gratificación Diciembre (9%)	60,75	100,98	76,77	238,50
ESSALUD (9%)	729,00	1 211,76	921,24	2 862
Pago anual neto	9 166,50	15 236,76	11 583,74	35 987,00
N° Trabajadores/turno	34	18	2	54
TOTAL	311 661	274 262	23 167	609 090
Impacto año 1	70%	70%	70%	70%
Inflación año 1	2%	2%	2%	2%
Pago anual neto -año 1(S/)	222 526	195 823	16 542	43 4890

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

Como se puede apreciar en la tabla 61, el ahorro de 1 turno de 8 h y el segundo de 4 h asciende a 2 023 203 soles al año y para el primer año, debido al impacto de 70% y la inflación 2%. El valor considerado para el flujo de caja es S/ 1 444 567. Se utiliza una proporcionalidad del sueldo mensual de esta fuerza de operación, con sus beneficios respectivos.

Tabla 61. Total de ahorro anual de una jornada laboral de 8 h y 4 h

	Turno 8 h	Turno 4 h	Total (S/)
Total (S/)	1 414 113	609 090	2 023 203
impacto + inflación	1 009 676	434 890	1 444 567

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

b. Ahorro en gasolina por optimización de ruta

Para encontrar el ahorro en la Optimización de combustible, se toma como base la distancia actual recorrida por las compactadoras en las 3 zonas, y se compara con las rutas óptimas brindado por ArcGis, se tiene lo siguiente:

Zona 21 actual recorrido km = 75 km
 Zona 21 mejora propuesta km = 62,61 km
 Reducción km = **12,39** km

Zona 04 actual recorrido km = 82,34 km
 Zona 04 mejora propuesta km = 60,46 km
 Reducción km = **21,88** km

Zona 01 actual recorrido km = 76,93 km
 Zona 01 mejora propuesta = 68,38 km
 Reducción km = **8,55** km

Promedio de km reducidos y proyectados para las 33 zonas

Reducción de km 1 = 12,39 km
 Reducción de km 2 = 21,89 km
 Reducción de km 3 = 8,55 km
 Promedio km = **14,3** km

Se tiene una reducción promedio de 14,3 km por zona, además de ello se puede deducir que solo se necesitan 13 compactadoras en actividad y las 4 restantes quedarían en el depósito, al año 2017 se generarán 253 toneladas/día de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo

$t \text{ de residuos/día} = N^{\circ} \text{ de unidades} * \text{capacidad} * N^{\circ} \text{ de viajes}$
 Se tiene:

$$\begin{aligned} \text{toneladas de residuos/día} &= 13 * 6,5 * 3 \\ &= 253,5 \end{aligned}$$

Como referencia se tiene que el rendimiento de consumo de combustible por las compactadoras es de 10 km/gal. El costo de combustible es de 12,39 soles el galón, Como se puede apreciar en la tabla 62, se concluye que el ahorro cuantificado anual es de S/ 659 222,96 y para el año 1, considerando el impacto de 70% y la inflación, se obtiene un valor aproximado de S/ 470 685,19.

Tabla 62. Ingresos por reducción de gastos de combustible en las 33 zonas

Unidades operativas (n°)	13
Ahorro prom. por ruta (km)	14,3
Ahorro en vehículos (n°)	4
Recorrido (km)	75
N° rutas x día	3
Ahorro total (km)	1 457,7
Rendimiento (km/gal)	10
Galones ahorrados al día (gal)	145,77
Costo galón combustible (S/)	12,39
Ahorro Diario (S/)	1 806,09
Ahorro Anual (S/)	659 222,96
Impacto año 1	70%
Inflación año 1	2%
Ahorro anual-año1(S/)	470 685,19

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

3.3.1.2. Costos

a. Costos para la implementación de contenedores soterrados

Respecto a la implementación de contenedores soterrados, es una propuesta de mejora, para los puntos de mayor acumulación de residuos sólidos, en diversos sitios de la ciudad de Chiclayo, los contenedores contribuyen con mejorar el paisaje urbanístico de nuestra ciudad, por que tienden a ocultar a la basura, no hay contacto directo con las personas, nos brinda una mejor calidad de vida, y no hay contaminación con el ambiente.

Para este proyecto, se propone implementar 11 contenedores en los lugares de mayor acumulación de residuos, diversos municipios del Perú y del mundo, han optado por este sistema, como función principal de contribuir con medio ambiente y brindar una mejor calidad de vida para sus habitantes. La idea sería que la municipalidad de Provincial de Chiclayo en años más adelante pueda invertir en un sistema de contenedores soterrados y contenedores de carga lateral, para zonas comerciales, residencias, lugares turísticos, museos, urbanizaciones y sobre todo para el centro de Chiclayo.

Para la implementación de contenedores soterrados para este proyecto se requiere maquinaria, equipos y personal.

- **Costos de adquisición del camión compactador- grúa**

Para la recolección de los contenedores se necesita de un compactador Grúa con una capacidad de 21m³, incorporado un sistema de lavado de contenedor. El costo de adquisición de esta unidad asciende a 1 200 000 soles. Incluye total equipamiento de la unidad (caja de herramientas, equipos de seguridad) Incluye un programa de mantenimiento, ejecutado dentro del plazo de garantía de los bienes, incluye dos tipos de capacitación:

- Capacitación en el correcto manejo, operación funcional y mantenimiento básico.
- Capacitación especializada en servicio técnico de mantenimiento y reparación, dirigido al personal profesional y técnico designado por la Municipalidad. Tabla 63

Tabla 63. Costo de compactador grúa

Nº	Descripción	Unidad	cantidad	costo unitario (S/)	costo referencial (S/)
1	Maquinaria				1 120 000
1.1	Adquisición Compactador grúa (capacidad 21m ³)	unidad	1	1 120 000	1 120 000

Fuente: Consultora Chiclayo Limpio

- **Costos de adquisición instalación de contenedores soterrados**

El valor referencial para la adquisición de 11 contenedores, con capacidad de 5m³ más la instalación de estos asciende a un valor de 338 388,05 soles. Tabla 64

Tabla 64. Costo de adquisición e instalación de contenedores soterrados

Nº	Descripción	Unidad	cantidad	costo unitario (S/)	costo referencial (S/)
1	Equipos				338 388,05
1.1	Adquisición e instalación de contenedores soterrados	Unidad	11	30 762,55	338 388,05

Fuente: Consultora Chiclayo Limpio

- **Costos de adquisición de arquetas prefabricadas de hormigón para contenedores soterrados y diseño e implementación de un programa de difusión y sensibilización en buenas prácticas de manejo de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo**

El costo hace referencia a la adquisición de 11 unidades arquetas prefabricadas de hormigón, es la base de para los contenedores, además de ello contar con una programación incluye:

- Capacitación a las autoridades vecinales en los temas: uso adecuado y beneficios de los contenedores soterrados en los puntos críticos.
- Implementación de una caseta de información ambiental en cada punto crítico donde serán colocados los contenedores soterrados para almacenamiento temporal.
- Entrega de volantes o folletos informativos puerta a puerta, etc.

El valor referencial asciende a S/ 179 553,83. Tabla 65.

Tabla 65. Costo de adquisición de arquetas prefabricadas

N°	Descripción	Unidad	cantidad	costo unitario (S/)	costo referencial (S/)
1	Adquisición de Arquetas prefabricadas + programas y capacitaciones	GBL	1	179 553,83	179 553,83

Fuente: Consultora Chiclayo Limpio

b. Costos de mano de obra a cargo de la recolección de contenedores y un supervisor general encargado del rastreo de los vehículos (GPS)

El personal a cargo de la recolección de contenedores soterrados, se requiere de un Ayudante y 1 Chofer, también se necesita de un especialista en el rastreo de los vehículos a través del sistema GPS. Con una jornada laboral de 8 horas, los costos anuales que generarían suma un total de 91 074, 36 soles. Tabla 66

Tabla 66. Costo de mano de obra para la recolección de contenedores soterrados y un supervisor General sistema GPS

	1 Ayudante	1 Chofer	1 Supervisor General GPS
Pago Mensual (S/)	1 350,25	2 245,80	3000
N° de sueldos al año	12	12	12
Pago anual bruto (S/)	16 203	26 949,6	36000
Bonificación escolaridad	500	500	500
Bonif. Día trab. Mun. (32%)	432,08	718,66	960
Gratificación Julio (9%)	121,52	202,12	270
Gratificación Diciembre (9%)	121,52	202,12	270
ESSALUD (9%)	1 458,27	2 425,46	3240
Pago anual neto (S/)	18 836,40	30 997,96	41 240,00
Suma total (S/)	91 074,36		

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

c. Costos de equipos de protección para el personal

El personal para la recolección de contenedores consta de 1 chofer y un ayudante, personal necesita de todos materiales e indumentaria para

protegerlo de uno o varios riesgos presentes en trabajo y que pueden amenazar su seguridad y salud.

Artículo 60 de la ley 29783: El empleador proporciona a sus empleadores equipos de protección personal, adecuados, según el tipo de trabajo y riesgos específicos presentes en el desempeño de sus funciones, cuando no se puedan eliminar en su origen los riesgos laborales o sus efectos perjudiciales para la salud este verifica el uso efectivo de los mismos.

Artículo 97 del DS 005-2012 TR: Con relación a los equipos de protección personal, adicionalmente a lo señalado en el artículo 60 de la Ley, éstos deben atender a las medidas antropométricas del trabajador que los utilizará.

En la tabla 67, se detallan los equipos necesarios y los costos unitarios de estos, el monto total asciende a 773,6 soles

Tabla 67. Costo de equipos de protección para el personal

N°	Descripción	Unidad	cantidad	costo unitario(S/)	costo total (S/)
1	Equipos de protección				773,6
1.1	pantalón	unidad	2	44	88
1.2	casco	unidad	2	54,9	109,8
1.3	Chaleco reflectivo	unidad	2	38,9	77,8
1.4	Lentes	unidad	2	9	18
1.5	Guantes Respirables	unidad	2	15	30
1.6	Guantes de cuero reforzados	unidad	2	65	130
1.7	Botín de cuero	pares	2	100	200
1.8	Botas de jebe	pares	2	60	120

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio.

d. Costo consultoría

Los costos de diseño de rutas de recolección de residuos sólidos y capacitación al personal, según la consultora de implementación Chiclayo Limpio ascenderían a S/ 25 000. Tabla 68

Tabla 68. Costo de consultoría

N°	Descripción	Unidad	cantidad	costo unitario (S/)	costo referencial (S/)
1	Consultoría				25 000
1.1	Diseño de rutas de recolección y capacitación de personal	Consultoría	1	25 000	25 000

Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio

e. Costos de mantenimiento camión compactador grúa

Según, la Unidad de Servicios y Gestión de Residuos Sólidos de la municipalidad de Chiclayo, se tiene que un vehículo compactador nuevo requiere mantenimiento mensual, comprende cambio de aceite, cambio de filtros, batería, radiador, etc., el costo referencial es de aproximadamente 350 soles al mes por 12 meses/año costo anual asciende a 4 200 soles. Tabla 69

Tabla 69. Costo mantenimiento anual del vehículo y el costo de mantenimiento general después de 6 años de uso.

Descripción	Total (S/)
Insumos y repuestos (lubricantes, frenos, llantas, válvulas, filtros, radiador, ejes, intermitentes, pernos, otros)	4 200

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

3.3.1.3. Flujo de caja económico del proyecto

El primer flujo de caja es el económico, donde se utilizan los beneficios y costos mapeados en la sección anterior. Se pueden apreciar los resultados para los siete años, tiempo considerado como horizonte del proyecto, en la tabla 70. Se tienen los supuestos de tipo de cambio y porcentaje de inflación, basados en datos actuales y una estabilización en la economía nacional en los próximos años.

Tabla 70. Flujo de caja económico del proyecto

S/	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Tipo de cambio	3,26	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
% Inflación	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Impacto		70%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
BENEFICIOS								
		1 915 252,03	2 790 795,82	2 846 611,73	2 903 543,97	2 961 614,85	3 020 847,14	3 081 264,09
1. Ahorro en MO		1 444 566,84	2 104 940,25	2 147 039,06	2 189 979,84	2 233 779,43	2 278 455,02	2 324 024,12
2.Reducción gasolina		470 685,19	685 855,57	699 572,68	713 564,13	727 835,41	742 392,12	757 239,97
COSTOS								
	1 754 789,84	1 875 837,80	121 047,96	121 047,96	121 047,96	121 047,96	121 047,96	121 047,96
1.Propuesta de contenedores	1 637 941,88							
2. Mano de obra	91 074,36	91 074,36	91 074,36	91 074,36	91 074,36	91 074,36	91 074,36	91 074,36
3. Equipos de protección	773,60	773,60	773,60	773,60	773,60	773,60	773,60	773,60
4. Consultoría	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
5. Mantenimiento vehículo		4 200	4 200	4 200	4 200	4 200	4 200	4 200
Flujo de caja Económico	1 754 789,84	39 414	2 669 747,86	2 725 563,77	2 782 496,01	2 840 566,89	2 899 799,18	2 960 216,13

3.3.1.4. Costo-beneficio

El análisis costo – beneficio permite definir la factibilidad del proyecto, el cálculo se procede con la formula siguiente:

$$B/C = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Inversión inicial}}$$

Los valores obtenidos del análisis del flujo de caja económico del proyecto, se tiene que el beneficio año 1 asciende a S/ 1 915 252,03 y el costo de la inversión del proyecto asciende a S/ 1 754 789,84

Esto quiere decir, que con los beneficios recaudados de 1 año prácticamente se estaría compensando el costo de la inversión del proyecto. El análisis costo-beneficio es la siguiente:

$$B/C = \frac{1\ 915\ 252,03 \text{ año 1}}{1\ 754\ 789,84}$$

$$\frac{B}{C} = 1,09 > 1$$

A modo de interpretación de los resultados, podemos decir que por cada sol que se invierte, obtenemos 0,09 soles.

3.3.2. REDUCCIÓN DE IMPACTOS OCASIONADOS AL AMBIENTE POR LAS EMISIONES DE CO₂ y CH₄

3.3.2.1. Reducción de emisiones de CO₂ en el recorrido de las compactadoras

En este punto detallaremos un aproximado de emisiones de CO₂ que impactan al ambiente ocasionados por los camiones compactadoras en su recorrido, se relaciona directamente con el consumo de combustible.

Según referencias e información buscada tenemos que en promedio un camión, produce 2,3 kg CO₂ por litro de petróleo consumido, hay tomar en cuenta que el CO₂ producido se relaciona también con el estado del vehículo, entre otros factores, tal como afirma la Oficina de cambio climático [36].

- **Emisiones de CO₂ en el recorrido actual de las compactadoras en los tres turnos**

En la tabla 71, se observa el total CO₂ producido por las unidades en cada turno, en el primer turno se estaría produciendo un promedio de 773,70 kg de CO₂, Segundo turno 902,57 kg de CO₂ y tercer turno un promedio de 953 kg de CO₂, se aprecia que en el tercer turno se producen más emisiones de CO₂ y la suma de emisiones de CO₂ en los tres turnos asciende a 2 630,11 kg CO₂/día.

Tabla 71. Emisiones de CO₂ en el recorrido actual de las compactadoras – 3 turnos

1 ^{er} turno						
Vehículo N°	km recorrido	Rendimiento (km/gal)	galón día	litro día	kg CO ₂ /l	kg CO ₂
92	71,42	10	7,14	27,04	2,30	62,18
98	70,5	10	7,05	26,69	2,30	61,38
97	72,45	10	7,25	27,43	2,30	63,08
80	71,54	10	7,15	27,08	2,30	62,29
95	73,33	10	7,33	27,76	2,30	63,84
96	71,51	10	7,15	27,07	2,30	62,26
94	78,13	10	7,81	29,58	2,30	68,02
82	82,34	10	8,23	31,17	2,30	71,69
93	72,43	10	7,24	27,42	2,30	63,06
26	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
3	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
17	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
						773,70
2 ^{do} Turno						
Vehículo N°	km recorrido	Rendimiento (km/gal)	galón día	litro día	Kg CO ₂ /l	kg CO ₂
80	76,93	10	7,69	29,12	2,30	66,98
96	69,97	10	7,00	26,49	2,30	60,92
93	72,73	10	7,27	27,53	2,30	63,32
94	69,83	10	6,98	26,43	2,30	60,80
92	73,01	10	7,30	27,64	2,30	63,57
97	73,27	10	7,33	27,74	2,30	63,79
95	76,45	10	7,65	28,94	2,30	66,56
82	70,81	10	7,08	26,80	2,30	61,65
98	78,67	10	7,87	29,78	2,30	68,49
25	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
23	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
3	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
26	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
17	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
						902,57

3 ^{er} Turno						
Vehículo N°	km Recorrido	Rendimiento (km/gal)	galón día	litro día	kg CO ₂ /l	kg CO ₂
94	75	10	7,50	28,39	2,30	65,30
92	72,6	10	7,26	27,48	2,30	63,21
80	71,36	10	7,14	27,01	2,30	62,13
93	73,67	10	7,37	27,89	2,30	64,14
82	67,03	10	6,70	25,37	2,30	58,36
95	69,71	10	6,97	26,39	2,30	60,69
97	70,23	10	7,02	26,58	2,30	61,15
96	70,96	10	7,10	26,86	2,30	61,78
17	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
23	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
3	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
25	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
20	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
26	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
4	75,00	10	7,50	28,39	2,30	65,30
						953,84
Total de kg CO ₂ en los tres turno/día						2 630,11

Fuente: Consultora de implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

- **Emisiones de CO₂ con el nuevo recorrido propuesto para compactadoras sin planta de transferencia**

La generación de residuos sólidos diarios al año 2017 en el distrito de Chiclayo será de 253 toneladas/día. Actualmente se cuenta con 17 unidades operativas con capacidad máxima de 7-8 toneladas, pero lo ideal sería trabajar a una capacidad menor de 6,5 toneladas.

Con referencia a este valor a través de la formula siguiente.

$$t \text{ de residuos/día} = N^{\circ} \text{ de unidades} * \text{capacidad} * N^{\circ} \text{ de viajes}$$

Se tiene

$$\begin{aligned} \text{toneladas de residuos/día} &= 13 * 6,5 * 3 \\ &= 253,5 \end{aligned}$$

Se puede interpretar que para la recolección de 253,5 toneladas de residuos sólidos solo se necesitan 13 compactadoras para los tres viajes. Respecto a este valor se procede al cálculo de la emisión CO₂, teniendo en cuenta la reducción de los kilómetros en las 3 tres zonas de estudios y también un valor promedio reducción de kilometraje de 14,3 km para las zonas restantes.

Tabla 72. Emisiones de CO₂ con el nuevo recorrido propuesto

1 ^{er} Viaje								
Comp. N°	km recorrido	km Reducidos	km Proyectados	Rendimiento (km/gal)	galón día	litro día	kg CO ₂ /l	kg CO ₂
92	71,42	14,3	57,12	10	5,71	21,62	2,30	49,73
98	70,5	14,3	56,2	10	5,62	21,27	2,30	48,93
97	72,45	14,3	58,15	10	5,82	22,01	2,30	50,63
80	71,54	14,3	57,24	10	5,72	21,67	2,30	49,84
95	73,33	14,3	59,03	10	5,90	22,35	2,30	51,39
96	71,51	14,3	57,21	10	5,72	21,66	2,30	49,81
94	78,13	14,3	63,83	10	6,38	24,16	2,30	55,57
82	82,34	21,88	60,46	10	6,05	22,89	2,30	52,64
93	72,43	14,3	58,13	10	5,81	22,00	2,30	50,61
26	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
3	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
17	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
23	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
								670,54
2 ^{do} viaje								
Comp. N°	km recorrido	km Reducidos	km Proyectados	Rendimiento (km/gal)	galón día	litro día	kg CO ₂ /l	kg CO ₂
80	76,93	8,55	68,38	10	6,84	25,88	2,30	59,53
96	69,97	14,3	55,67	10	5,57	21,07	2,30	48,47
93	72,73	14,3	58,43	10	5,84	22,12	2,30	50,87
94	69,83	14,3	55,53	10	5,55	21,02	2,30	48,35
92	73,01	14,3	58,71	10	5,87	22,22	2,30	51,12
97	73,27	14,3	58,97	10	5,90	22,32	2,30	51,34
95	76,45	14,3	62,15	10	6,22	23,53	2,30	54,11
82	70,81	14,3	56,51	10	5,65	21,39	2,30	49,20
98	78,67	14,3	64,37	10	6,44	24,37	2,30	56,04
17	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
23	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
3	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
26	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
								680,43

3 ^{er} viaje								
Comp. N°	km Recorrido	km Reducidos	km Proyectados	Rendimiento (km/gal)	galón día	litro día	kg CO ₂ /l	kg CO ₂
94	75	12,39	62,61	10	6,26	23,70	2,30	54,51
92	72,6	14,3	58,3	10	5,83	22,07	2,30	50,76
80	71,36	14,3	57,06	10	5,71	21,60	2,30	49,68
93	73,67	14,3	59,37	10	5,94	22,47	2,30	51,69
82	67,03	14,3	52,73	10	5,27	19,96	2,30	45,91
95	69,71	14,3	55,41	10	5,54	20,97	2,30	48,24
97	70,23	14,3	55,93	10	5,59	21,17	2,30	48,70
96	70,96	14,3	56,66	10	5,67	21,45	2,30	49,33
17	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
23	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
3	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
25	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
20	75,00	14,3	60,70	10	6,07	22,98	2,30	52,85
								663,06
Total de kg CO ₂ /día								2014,03

Fuente: Consultora de implementación Chiclayo limpio [30], 2016.

Se observa en la tabla 72, el total CO₂ en el primer viaje es de 670,54 kg CO₂, en el segundo viaje se estaría produciendo un total de 680,43 kg CO₂, el tercer viaje un total de 663,06 kg CO₂ y la suma de los tres viajes asciende a una producción de 2014,03 kg CO₂/día.

En resumen se tiene que, el sistema de recolección actual produce un promedio 2 630,11 kg CO₂/día, este valor se multiplica por los 365 días al año, se estaría produciendo un total de **959 990,15** kg CO₂/año. Con el nuevo recorrido propuesto se estima una producción de 2 014,03 kg CO₂/día por los 365 días/año la producción por año sería de **735 120,95** kg CO₂/año

Se calcula lo siguiente.

Emisión de CO₂ sistema actual = 959 990,15 kg CO₂/año
Emisión de CO₂ sistema propuesto = 735 120,95 kg CO₂/año
Reducción de emisión CO₂ = 224 869,2 kg CO₂/año

En términos de porcentaje.

$$\begin{array}{rcl}
959\ 990,15 & \text{-----} & 100\% & = & 100\% \\
735\ 120,95 & \text{-----} & x & = & \underline{76,576\%} \\
x = 76,576\% & & & & 23,424\%
\end{array}$$

Esto quiere decir, el impacto generado al ambiente por la emisión de CO₂/año, se reduciría en un 23,42% con respecto al sistema actual de recolección de residuos sólidos.

3.3.2.2. Alternativa para reducir las emisiones de CH₄

- **Emisiones de CH₄ por los residuos sólidos Urbanos generados en el distrito de Chiclayo**

Disposición de residuos sólidos: Los residuos pueden reciclarse o disponerse en rellenos sanitarios y botaderos. Cuando los residuos se encuentran en un ambiente anaeróbico, son descompuestos por bacterias metano génicas, generando así emisiones de CH₄.

Vertimiento de aguas residuales: El tratamiento de las aguas residuales tanto domésticas como industriales pueden dar origen a considerables cantidades de CH₄ y N₂O.

Tabla 73. Sector y subtemas por gases aplicables

Fuente de Emisión	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Disposición de residuos (rellenos sanitarios y botaderos)			
Aguas residuales domésticas			
Aguas residuales industriales			

Fuente: Ministerio del Ambiente [37], 2012.

Ecuación básica

La ecuación básica o estándar para la medición de gases procedentes de la disposición de residuos sólidos es el planteamiento de balance de masas. De ahí se obtiene la cantidad de CH₄ generado a partir de la descomposición bioquímica de carbono orgánico disponible, según Ministerio del Ambiente [37]. Su fórmula de cálculo es:

Ecuación 1. Emisiones de CH₄ generados por los residuos sólidos

$$Emisiones\ CH_4 = [(RSU_T * RSU_F * L_0) - R] * (1 - OX)$$

Emisiones de CH₄ = CH₄ emitido durante el año base del inventario (2017)

RSU_T = cantidad total de residuos sólidos urbanos (RSU) generados en el año 2017

RSU_F = fracción de RSU eliminados en los vertederos de residuos

L₀ = potencial de generación de metano

R = CH₄ recuperado, que según se indicó ha sido considerado como cero para el año 2017

OX = factor de oxidación (fracción), cero

Nota: es importante señalar que no hay información disponible sobre la fracción de residuos que llega al vertedero, por lo tanto en un escenario conservador, se ha asumido que es el 100%

De la ecuación anterior se hace necesario contar con el potencial de generación de metano, el cual se estima a través de la siguiente ecuación.

Ecuación 2. Potencial de generación de CH₄

$$L_0 = [FCM * COD * COD_F * F * 16/12]$$

Dónde:

L₀ = Potencial de generación de metano
FCM = factor de corrección para el metano
COD = carbono orgánico degradable
COD_F = fracción de COD no asimilada
F = fracción por volumen de CH₄ en el gas de vertedero, 50%
16/12 = cociente de pesos moleculares CH₄/C

Por último, para poder estimar el potencial de generación de metano es necesario calcular el carbono orgánico degradable, el mismo que se obtiene a través de la siguiente ecuación.

Ecuación 3. Carbono orgánico degradable

$$COD = (0,4 * A) + (0,17 * B) + (0,15 * C) + (0,3 * D)$$

Dónde:

A = fracción de RSU compuesto de papeles y textiles
B = fracción de RSU de desechos de jardín
C = fracción de RSU compuesto de restos de alimentos
D = fracción de RSU compuesto de madera o paja

Variables y constantes

Para estimar las emisiones de la categoría residuos sólidos se requieren de distintas variables y factores de emisión. Parte de estas se estiman en base a información nacional disponible y en otros casos se usan valores por defecto del IPCC, tal como afirma Ministerio del ambiente [37].

En los siguientes párrafos se describen los factores de emisión considerados en esta categoría:

Fracción del carbono orgánico degradable no asimilado (COD_F)

Es la fracción de carbono que se degrada y se libera desde un sitio de disposición o vertedero de residuos sólidos, se toma en cuenta que no todo el carbono orgánico se degrada o lo hace muy lentamente bajo condiciones anaeróbicas, se utiliza un valor de 0,5, según afirma el Ministerio de Ambiente [37].

Factor de corrección para el metano (FCM)

Refleja el hecho que a partir de una cantidad determinada de desechos, los botaderos (vertederos no controlados) producen menos CH₄ que los rellenos

sanitarios (controlados), debido a que la fracción de residuos que se descompone aeróbicamente en las capas superiores de los vertederos o lugares de disposición no controlados es menor por la presencia de oxígeno evitándose la metanogénesis. En ese sentido, la determinación de este factor es concluyente para la estimación final de emisiones.

Tabla 74. FCM según lugares de eliminación de residuos sólidos

Tipo de vertedero o lugar de eliminación de residuos sólidos	Valores por defecto del factor de corrección de metano	Comentarios
Relleno sanitario - controlado	1	Colocación controlada de los residuos, incluyen: material protector de la cubierta, compactación mecánica o nivelación de desechos
Botadero-profundo(>5m de desechos)	0,8	No cumplen con criterios de los lugares controlados
Botadero-poco profundo(<5m de desechos)	0,4	No cumplen con criterios de los lugares controlados
Vertedero no incluidos en ninguna categoría	0,6	Cuando no es posible categorizarlos en las categorías anteriores

Fuente: Ministerio del Ambiente [37], 2012.

Fracción de CH₄ en el gas de vertedero (F)

El Ministerio de Ambiente [38] sostiene, la descomposición de los residuos genera gases con aproximadamente un 50% de CH₄, se utiliza para la estimación de las emisiones de metano.

Recuperación de metano (R)

Ministerio del Ambiente [38] argumenta que si bien es cierto que en el Perú existen algunas experiencias de recuperación de metano en los rellenos sanitarios para la generación de energía, no hay información documentada que sustente el volumen de recuperación de metano, por lo tanto el valor por defecto utilizado es cero.

Como información se tiene que el distrito de Chiclayo no cuenta con un relleno sanitario.

Proceso y Resultados

Como fuente del diagnóstico de la generación de residuos sólidos proyectados en el distrito de la Chiclayo se tiene.

Tabla 75. Generación de residuos sólidos Proyectada

Año	Población	GPC (kg/hab./ día)	Producción RS (t/día)	Otros residuos (t/día)	Total (t/día)	Total (t/año)	Gg
2017	296309	0,58	171,86	81,4	253,26	92439,62	92,44
2018	298301	0,58	173,01	83,26	256,27	93540,22	93,54

Fuente: Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos - MPCH [18], 2016.

En tabla 75 se observa, para el año 2017 se generarían un total 92,44 Gg de residuos sólidos urbanos y para el año 2018 se generarían un total de 93,54 Gg de residuos sólidos.

Como fuente del Plan integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Chiclayo [29], la caracterización de los residuos sólidos en el distrito de Chiclayo está distribuida en porcentajes de la forma siguiente:

Tabla 76. Caracterización de los residuos sólidos en el distrito de Chiclayo

A: % Papel y textiles	B: % Desechos de jardín, desechos de parques u otros	C: % Compuesta de restos de alimentos	D: % Madera o paja
16,28%	2,14%	63,31%	0,50%

Fuente: Municipalidad Provincial Chiclayo – PIGARS [29], 2012.

Con los valores presentes se procede con el cálculo

Ecuación 3. Carbono orgánico degradable (COD)

$$COD = (0,4 * 16,28\%) + (0,17 * 2,14\%) + (0,15 * 63,31\%) + (0,3 * 0,5\%)$$

$$COD = 0.1652$$

Ecuación 2. Potencial de generación de CH₄

$$FCM= 0,8 \quad COD= 0,1652 \quad COD_F= 0,5 \quad F= 0,5$$

$$L_0 = [FCM * COD * COD_F * F * 16/12]$$

$$L_0 = 0,04405$$

Finalmente se tiene.

Ecuación 1. Emisiones de CH₄ generados por los residuos sólidos

$$Emisiones \ CH_4 = [(RSU_T * RSU_F * L_0) - R] * (1 - OX)$$

$$\text{Emisiones } CH_4 = [(92,44 * 100\% * 0,04405) - 0] * (1 - 0)$$

$$\text{Emisiones } CH_4 = 4,072 \text{ Gg } CH_4$$

$$\text{Emisiones } CH_4 = 4\,072 \text{ t } CH_4$$

Al año 2017, las emisiones de CH₄ generados por los residuos sólidos sería un total de **4 072** toneladas.

- **Alternativa para reducir las emisiones de CH₄ por los residuos sólidos Urbanos generados en el Distrito de Chiclayo**

El metano (CH₄) es uno de los gases que provocan el efecto invernadero, su potencial de calentamiento global es mucho más alto que el del dióxido de carbono (CO₂) ya que cada kilogramo de metano calienta el planeta veintitrés veces más que la misma masa de CO₂; no obstante, su concentración es doscientas veinte veces más baja que el CO₂, y su tiempo de permanencia en la atmósfera es de 9 a 15 años. Según la FAO, desde el siglo XIX, las concentraciones de metano en la atmósfera se han duplicado; debido por una parte al aumento de áreas de siembra de arroz anegado, pues en ellas existen sectores pantanosos que presentan las condiciones anaerobias para la producción de este gas.

Como Alternativa de mitigar las emisiones de metano (CH₄) por la generación de residuos sólidos, es con la implementación de un relleno sanitario y una planta de para procesar biogás, al contar con estos dos sistemas. Se puede considerar la capacidad energética que posee este gas y aprovecharla en la generación eléctrica o calórica.

Ante tal panorama, en muchos países se ha planteado como alternativa el aprovechamiento de los residuos sólidos municipales y privados, tomando en consideración su contenido calórico relativamente alto. Durante el proceso los residuos deben ser sometidos a un proceso de fermentación que consta de dos fases: primero la basura se somete a una fermentación aeróbica para reducir su tamaño, luego se alimentan los digestores anaeróbicos. Este proceso se puede realizar con tecnología de pozos horizontales, la cual se aplica incluso desde el momento de operación del relleno sanitario. Finalmente, es muy importante el control de tres factores principales en este tipo de sistemas:

- El biológico, para la activación del proceso químico de los desechos;
- el hidráulico, para que el flujo de agua y de los lixiviados sea repartido por todo el relleno;
- y finalmente el neumático, el cual asegura un flujo de gas constante y estable.

Esta sería una alternativa de solución para controlar estas sustancias químicas y aparte de ello generar un beneficio social y ambiental.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- En el diagnóstico de la situación actual del Servicio de recolección de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo, se identificó que los procesos no están establecidos, no hay una planificación y buen control del personal y unidades compactadoras, no cuentan con una ruta establecida para cada zona, lo que genera la creación de 11 puntos críticos, los que presentan mayor acumulación de residuos sólidos en vías y/o espacios públicos. Se ha determinado que la generación de residuos sólidos en localidad es aproximadamente 253,26 t/día, recogiendo actualmente tan sólo el 72,43%. Todo ello genera serios problemas ambientales y a la salud de las personas.
- En el rediseño planteado al sistema de recolección de residuos en la localidad de Chiclayo, teniendo en cuenta el diagnóstico realizado, se propone implementar contenedores soterrados en los puntos de mayor acumulación de residuos sólidos, estos permiten tener mayor control de los residuos y reducir los impactos que afectan al medio ambiente y la población, aumentando la cobertura de recolección en un 78%; también se organiza o establece procedimientos, aquellos que permitan realizar a la organización mejoras, con finalidad de alcanzar las 3 E (Eficiencia, efectividad y economía), y finalmente con el diseño de rutas propuesto, tomando las zonas de estudio, y empleando la metodología SIG- software ArcGis, se logra reducir el tiempo de recorrido en un 50% y la distancia aproximadamente 14,3 km trae beneficios en el ahorro de MO y combustible, y se garantiza un recorrido de recolección de residuos sólidos más eficiente.
- En el Análisis Costo-Beneficio, Económico y ambiental, se logra un beneficio para el año 1 de 1 915 252, 03 soles con la mejora propuesta. Se obtiene una relación costo-beneficio de 1,09 soles. También se prevé la reducción de impactos ambientales ocasionado por la emisiones de CO₂ de los vehículos compactadores en un 23,42%, y finalmente se logra calcular las emisiones de CH₄ generados por los residuos sólidos para el año 2017 se emitirían un aproximado de 4 072 t CH₄/año.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda nuevas investigaciones acerca del servicio de recolección de residuos sólidos brindado en el distrito de Chiclayo para identificar a gran profundidad los problemas que seriamente afectan a este sistema y proponer nuevas alternativas de solución con proyecciones al futuro, en un mundo globalizado como hoy pueden considerarse nuevas tecnologías.
- Desarrollar e implementar a gran profundidad procedimientos en el área de recolección de residuos sólidos, teniendo en cuenta que es la base en una organización para lograr mejoras de manera eficiente en los recursos.
- Establecer mecanismos para fortalecer los programas de capacitación y sensibilización al personal y población.
- Continuar desarrollando investigaciones en los modelos de programación (SIG), y además que puedan estar relacionados con la eficiencia en la recolección de residuos sólidos.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Escudero *et al.*, *La gestión sostenible de los residuos*. Barranquilla, Colombia: Uninorte, 2009 [En línea]. Disponibles en: https://books.google.com.pe/books?id=Cp0_WxCMhzwC&printsec. [Accedido: 28-mar-2016]
- [2] Congreso de la República, “Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 273114” MINAM, [En línea]. Disponible en: http://www.upch.edu.pe/faest/images/stories/upcyd/sgc-sae/normas-sae/Ley_27314_Ley_General_de_Residuos_Solidos.pdf. [Accedido: 23-set-2016]
- [3] L. Guerrero, G. Maas, y W. Hogland, “Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo”, *Tecnología en Marcha*, vol. 28, no. 2, pp. 141-168, jun. 2015.
- [4] J. Araiza y M. Zambrano, “Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: Un caso de estudio”, *Ingeniería*, vol. 19, no. 2, pp. 118-128, may. 2015.
- [5] C. Calva y R. Rojas, “Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de Mexicali, México: Retos para el logro de una planeación sustentable”, *Información Tecnológica*, vol. 25, no. 3, pp. 59-72, feb. 2014.
- [6] A. Velumani, “GIS based optimal collection routing model for municipal solid waste: Case study in singanallur, India”, *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, vol. 3, pp. 100-104, nov. 2014.
- [7] K. Buhkal, A. Larsen, y S. Ropke, “The waste collection vehicle routing problema with time Windows in city logistics context”, *Procedia – Social and Behavioral Sciencies*, vol. 39, pp. 241-254, 2012.
- [8] B. Jiménez, *La contaminación ambiental en México: Causas efectos y tecnología apropiada*. Balderas, México: Limusa, 2001 [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=8MVxlyJGokIC&printsec>. [Accedido: 23-set-2016]
- [9] M. Castillo, “Consultoría para la realización de un estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos domésticos y asimilables a domésticos para el distrito de Quito-Ecuador”, *secretaría del ambiente, Emaseo, Quito, Ecuador, 2012* [En línea]. Disponible en: <http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/>. [Accedido: 23-set-2016]
- [10] J. Rocero y E. Pérez, “Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios”, *X congreso de Ingeniería de Organización Valencia, 2006* [En línea]. Disponible en: <http://adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/804>. [Accedido: 23-set-2016]

- [11] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, “Gerenciamiento del servicio de limpieza pública”, Lima: CEPIS, 2002.
- [12] Instituto Nacional de Administración Pública, “Administración de los residuos sólidos en el municipio”, publicación INAP, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://archivos.juridicas.unam.mx/bjv/libros/4/1715/2.pdf>. [Accedido: 24-set-2016]
- [13] Secretaría de Desarrollo Social, “Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales”, México: SEDESOL, 1997.
- [14] Empresa Pública de Aseo, “Modelo de gestión para implementar el sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el distrito metropolitano de Quito, con tecnologías innovadoras de contenerización”, Ecuador: EMASEO, 2012 [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com.pe/#q=EMASEO>. [Accedido: 4-abr-2016]
- [15] G. Montagut, “Contenedores soterrados para la gestión de residuos sólidos”, 2015.
- [16] C. Riva, *Diseño concurrente*, CPET, Barcelona: UPC, 2012, pp.125-130 [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/28586>. [Accedido: 22-set-2016]
- [17] F. Gálvez. “Recolección de residuos sólidos: manual de instrucción. Ciclo: Aseo urbano.”, Lima, 2004.
- [18] Gerencia de Desarrollo Ambiental y Subgerencia de Gestión de Residuos Sólidos Municipalidad provincial de Chiclayo, “Mejoramiento y ampliación de la gestión integral de los residuos sólidos”, Lambayeque: Municipalidad provincial de Chiclayo, 2016.
- [19] Compromiso Empresarial para el Reciclaje, “Residuos Sólidos Urbanos Manual de Gestión Integral”, Uruguay: CEMPRE, 1998.
- [20] J. Barrios y F. Saab, “Diagnóstico del sistema de recolección, manejo y disposición final de los desechos sólidos generados por las comunidades Boyacá IV y V, Municipio Simón Bolívar, estado de Anzoátegui”, trabajo de fin de grado, Univ. Oriente, Barcelona, 2010 [En línea]. Disponible en: <http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/730/2/10-TEISISIC010B20.pdf>. [Accedido: 24-oct-2016]
- [21] A. Haupt y T. Kane, “Guía rápida de la población”, Population Reference Bureau, Washington, EE. UU, 2003.
- [22] J. Marquez, “Macro y micro ruteo de residuos sólidos residenciales”, trabajo de fin de grado, Univ. Sucre, Colombia, 2010.

- [23] H. Taha, *Investigación de operaciones*. México: Pearson educación, 2004.
- [24] F. Hillier y G. Lieberman, *Introducción a la investigación de operaciones*. México D.F.: McGraw-Hill, 2010.
- [25] J. Prawda, *Métodos y modelos de investigación de operaciones*. Balderas, México: Limusa, 2004 [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=HnT_F3MCST4C&printsec. [Accedido: 17-may-2016]
- [26] M. Barrientos, *Network Analyst: El análisis de redes desde ArcGIS 9.2*. Chile, Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2007
- [27] I. Campos, *Saneamiento Ambiental*. San José, Costa Rica: EUNED, 2003 [En línea]. Disponible en: <http://www.uned.ac.cr/euned/euned/book/U02549>. [Accedido: 23-set-2016]
- [28] Instituto Nacional de Estadística e Informática, “Población de los distritos de la provincia de Chiclayo”, publicación INEI, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/>. [Accedido: 2-abr-2016]
- [29] Municipalidad Provincial de Chiclayo, “Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque (PIGARS)”, Lambayeque: Municipalidad Provincial de Chiclayo, jul. 2012.
- [30] Consultora de Implementación Chiclayo Limpio, “Campaña de medición de indicadores para el servicio de recolección en la ciudad de Chiclayo”, Desarrollo Ambiental, Chiclayo, 2016.
- [31] Consultora de Implementación Chiclayo Limpio, “Campaña de medición de indicadores para el servicio de recolección en la ciudad de Chiclayo”, Desarrollo Ambiental, Chiclayo, 2015.
- [32] S. Recalde, M. Mindiola, y J. Chang, “Análisis de Metodologías para la Evaluación Ambiental del Terminal Marítimo en el Sector de Monteverde, Provincia de Santa Elena”, ESPL. *Dspace*, 2009 [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/67?show=full>. [Accedido: 3-abr-2017]
- [33] Solrie Medio Ambiente, “Memorias Técnicas: Especificaciones generales de contenedores soterrados para la recogida de residuos sólidos”, 2016 [En línea]. Disponible en: <http://www.construmatica.com/archivos/27531/catalogo.pdf>. [Accedido: 15-abr-2017]
- [34] ArcGis 10.4, “Análisis de Redes Network Analyst”, *Software*, España: ESRI, 2016.

- [35] F. Kafka, *Evaluación estratégica de proyectos de inversión*. Lima, Perú: Universidad del Pacífico, 2004 [En línea]. Disponible en: <http://www.catalogo.uni.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=9712>. [Accedido: 03-abr-2017]
- [36] Oficina cambio climático, “Guía práctica para el cálculo de emisión de efecto invernadero” publicación Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2012. [En línea]. Disponible en: http://canviclimatic.gencat.cat/es/reduex_emissions/com-calculer-emissions-de-geh/. [Accedido: 3-abr-2017]
- [37] Ministerio del Ambiente, “Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI)”, publicación MINAM, 2012 [En línea]. Disponible en: <http://infocarbono.minam.gob.pe/annios-inventarios-nacionales-gei/ingei-2012/>. [Accedido: 15-abr-2017]
- [38] Google Maps, “Mapa del distrito de Chiclayo-Lambayeque”, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/place/Chiclayo/>. [Accedido: 2-abr-2016]
- [39] Golden GPS, “Pagina de rastreo de la flota de recolección de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo”, 2016 [En línea]. Disponible en: <http://www.gpsgolden.com/site/servicios/rastreo-vehicular-particular/>. [Accedido: 5-jun-2016]

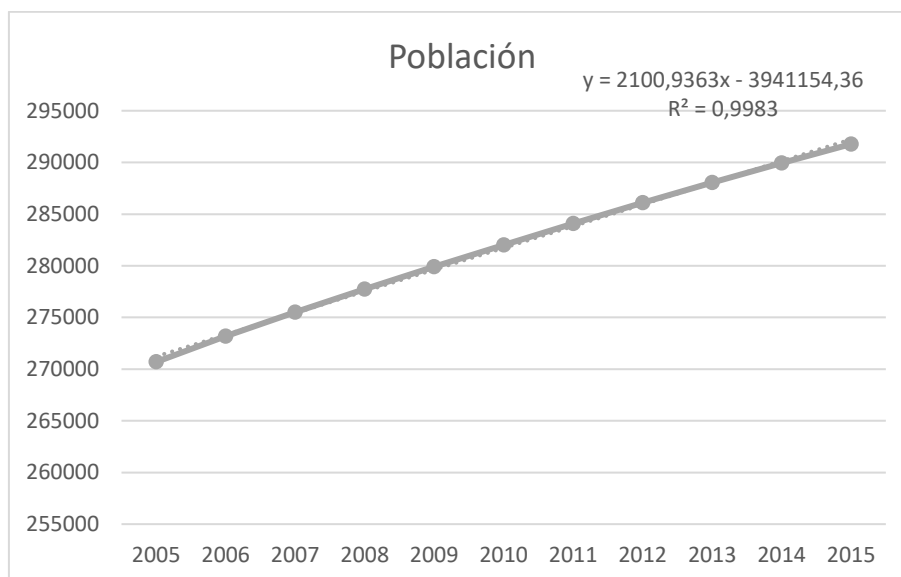
VI. ANEXOS

Anexo 01: Mapa del distrito de Chiclayo



Fuente: Google Maps [38], 2016.

Anexo 02: Representación gráfica Población del distrito de Chiclayo 2005-2015.



Fuente: INEI [28], 2016.

Anexo 02A: Método de regresión lineal para calcular el pronóstico de la población.

Ecuación de mínimos cuadrados para la regresión lineal es la que se muestra a continuación β_0 y β_1 son los parámetros de intercepto y pendiente, respectivamente:

x = variable independiente

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

\bar{y} = promedio de valores y

$$\beta_0 = \bar{y} - b\bar{x}$$

\bar{x} = promedio de valores x

n = número de periodos

$$\beta_1 = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

Con los valores referenciados del INEI población (año 2005-2015) y haciendo uso de una planilla Excel se calcula lo siguiente tal como muestra en la tabla.

Año (x)	Población (y)	(x*y)	x ²	y ²
2005	270694	542741470	4020025	73275241636
2006	273176	547991056	4024036	74625126976
2007	275514	552956598	4028049	75907964196
2008	277741	557703928	4032064	77140063081
2009	279891	562301019	4036081	78338971881
2010	282004	566828040	4040100	79526256016
2011	284084	571292924	4044121	80703719056
2012	286105	575643260	4048144	81856071025
2013	288063	579870819	4052169	82980291969
2014	289956	583971384	4056196	84074481936
2015	291777	587930655	4060225	85133817729
promedio	2010	281727,73		
suma			6229231153	44441210

n = 11

Luego evaluamos en las ecuaciones presentadas anteriormente para obtener los valores de β_0 y β_1 :

$$\beta_1 = \frac{6229231153 - 11 * 2010 * 281727,73}{44441210 - 11 * 2010^2}$$

$$\beta_1 = 2100,9363$$

$$\beta_0 = 281727,73 - 2100,9363 * 2010$$

$$\beta_0 = -3941154,36$$

$$y = 2100,9363x - 3941154,36$$

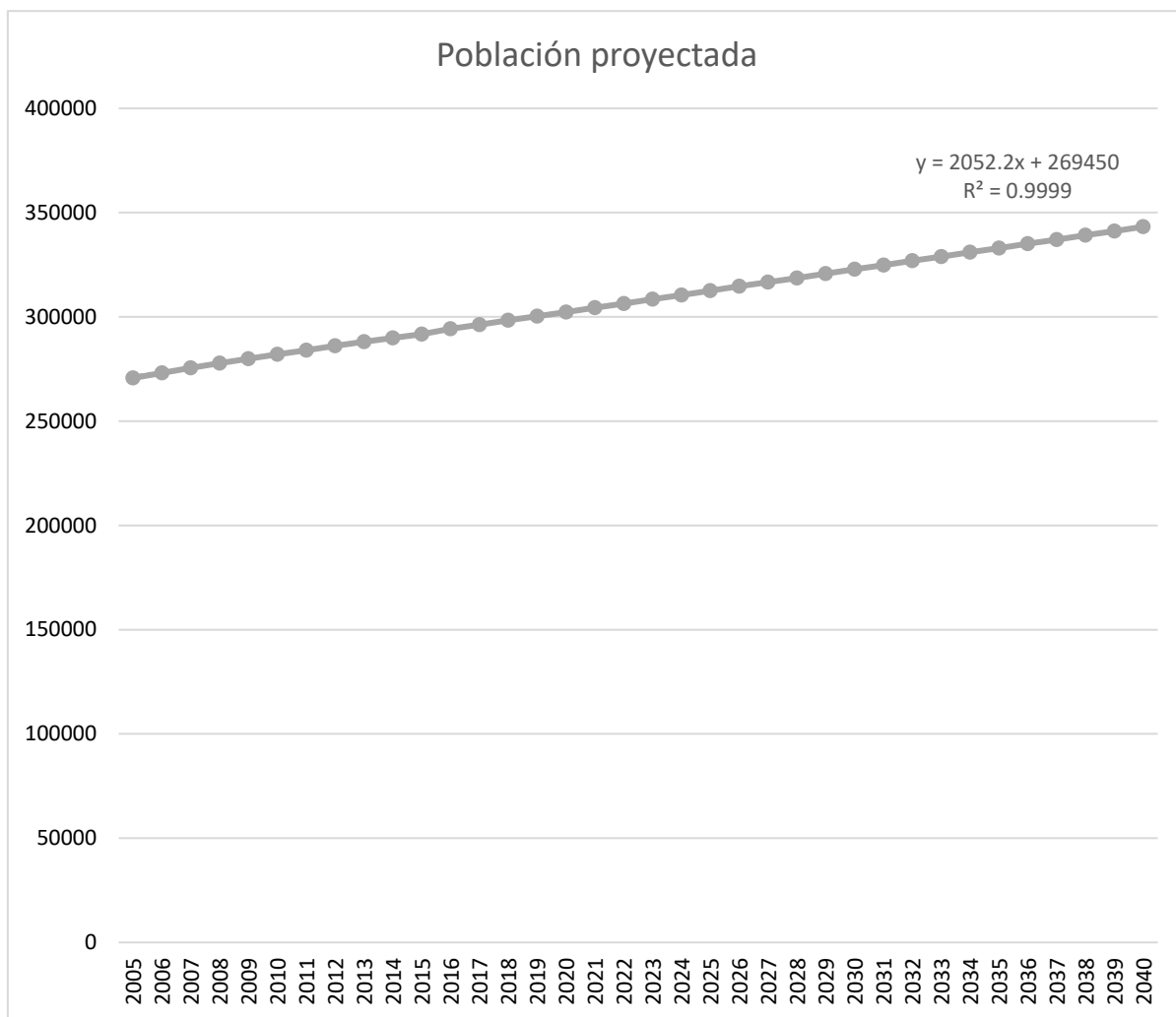
Cálculo de la proyección de la población para el año 2016 y 2017 sería:

$$y = 2100,9363 * 2016 - 3941154,36$$

$$y = 294\ 333 \text{ habitantes}$$

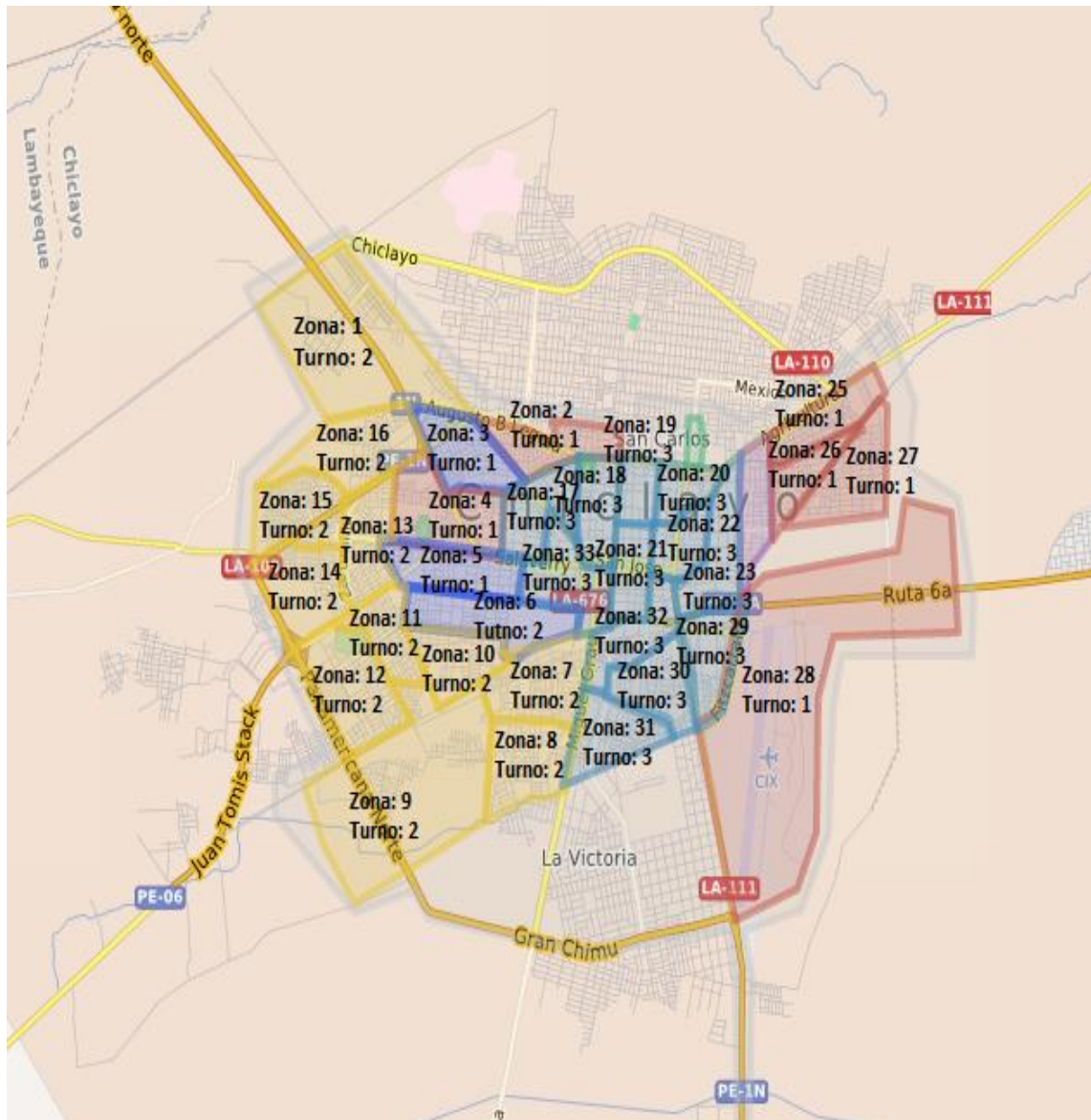
$$y = 2100,9363 * 2017 - 3941154,36 = 296\ 309 \text{ hab.}$$

Anexo 03: Gráfico de la población proyectada del distrito de Chiclayo hasta el año 2040



Fuente: INEI [28], 2016.

Anexo 04: Mapa del distrito de Chiclayo dividido en 33 zonas para el servicio de recolección



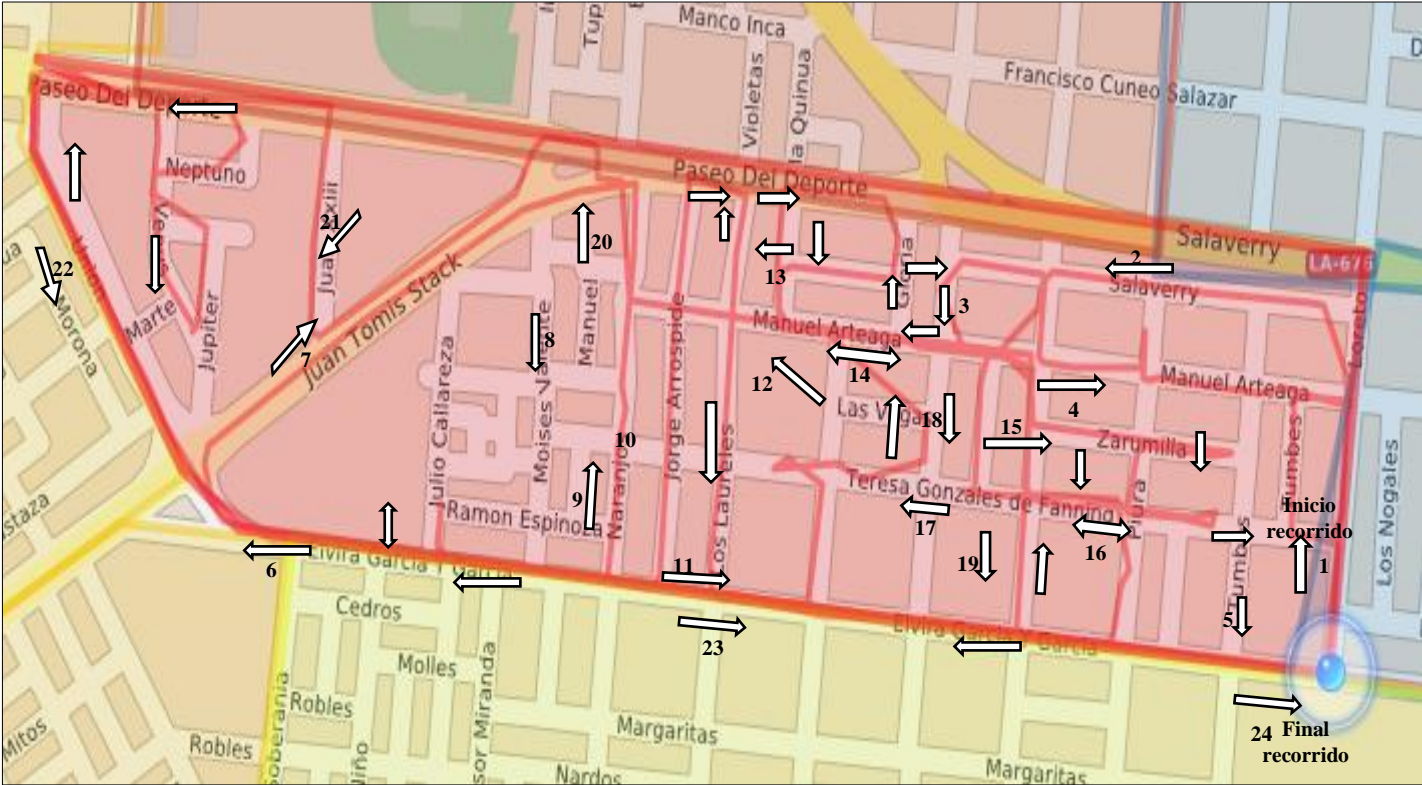
Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo limpio [30], 2016.

Anexo 05: Relación de compactadores operativas.

Ítem	Tipo	Nº	Marca	Modelo	Año	Color	Estado
1	Compactadora	1	Mercedes Benz	LK-1620	1998	blanco	Inoperativo
2	Compactadora	2	Mercedes Benz	LK-1620	1997	blanco	Inoperativo
3	Compactadora	3	Mercedes Benz	LK-1620	1997	blanco	Operativo
4	Compactadora	4	Mercedes Benz	LK-1620	1998	blanco	Operativo
5	Compactadora	5	Mercedes Benz	LK-1620	1998	blanco	Inoperativo
6	Compactadora	12	Mercedes Benz	BICUPIRO1114	1987	blanco	Inoperativo
8	Compactadora	17	Mercedes Benz	LK-1620	1997	blanco	Operativo
9	Compactadora	18	Mercedes Benz	LK-1620	1997	blanco	Inoperativo
10	Compactadora	19	Mercedes Benz	LK-1620	1996	blanco	Inoperativo
11	Compactadora	20	International	DT-466		blanco	Operativo
12	Compactadora	21	Mercedes Benz	1720/48	2007	blanco	Inoperativo
13	Compactadora	22	Mercedes Benz	1720/48	2007	blanco	Inoperativo
14	Compactadora	23	Mercedes Benz	1720/48		blanco	Operativo
15	Compactadora	24	Mercedes Benz	1720/48	2007	blanco	Inoperativo
16	Compactadora	25	Mercedes Benz	1720/48	2007	blanco	Operativo
17	Compactadora	26	Mercedes Benz	1720/48	2007	blanco	Operativo
18	Compactadora	80	Isuzu	FVZ34UL-TDP	2015	rojo/verde/blanco	Operativo
19	Compactadora	82	Isuzu	FVZ34UL-TDP	2015	rojo/verde/blanco	Operativo
20	Compactadora	92	Mitsubishi	FUSO FM-1060	2015	blanco /verde	Operativo
21	Compactadora	93	Mitsubishi	FUSO FM-1061	2015	blanco /verde	Operativo
22	Compactadora	94	Mitsubishi	FUSO FM-1062	2015	blanco /verde	Operativo
23	Compactadora	95	Mitsubishi	FUSO FM-1063	2015	blanco /verde	Operativo
24	Compactadora	96	Mitsubishi	FUSO FM-1064	2015	blanco /verde	Operativo
25	Compactadora	97	Mitsubishi	FUSO FM-1065	2015	blanco /verde	Operativo
26	Compactadora	98	Mitsubishi	FUSO FM-1066	2015	blanco /verde	Operativo
27	Compactadora	99	Mitsubishi	FUSO FM-1067	2015	blanco /verde	Operativo

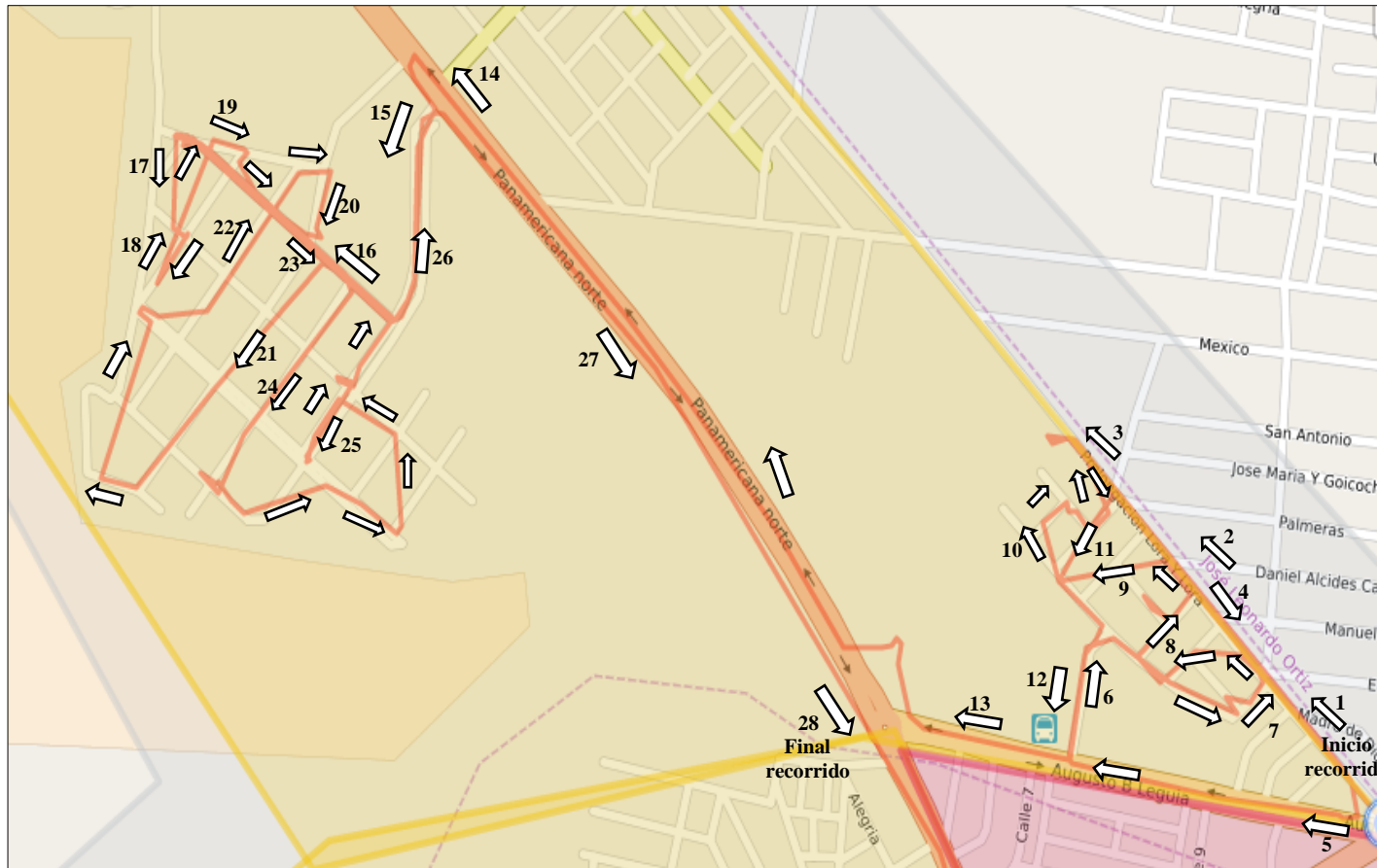
Fuente: Consultora de Implementación Chiclayo Limpio [30], 2016.

Anexo 06A: Recorrido de la compactadora 80 (primer turno-zona 5)



Fuente: Golden- GPS de las unidades compactadoras [39], 2016.

Anexo 06B: Recorrido de la compactadora 80 (Segundo turno-zona 1)



Fuente: Golden- GPS de las unidades compactadoras [39], 2016.

Anexo 07B: Recorrido de la compactadora 82 (segundo turno-zona 15)

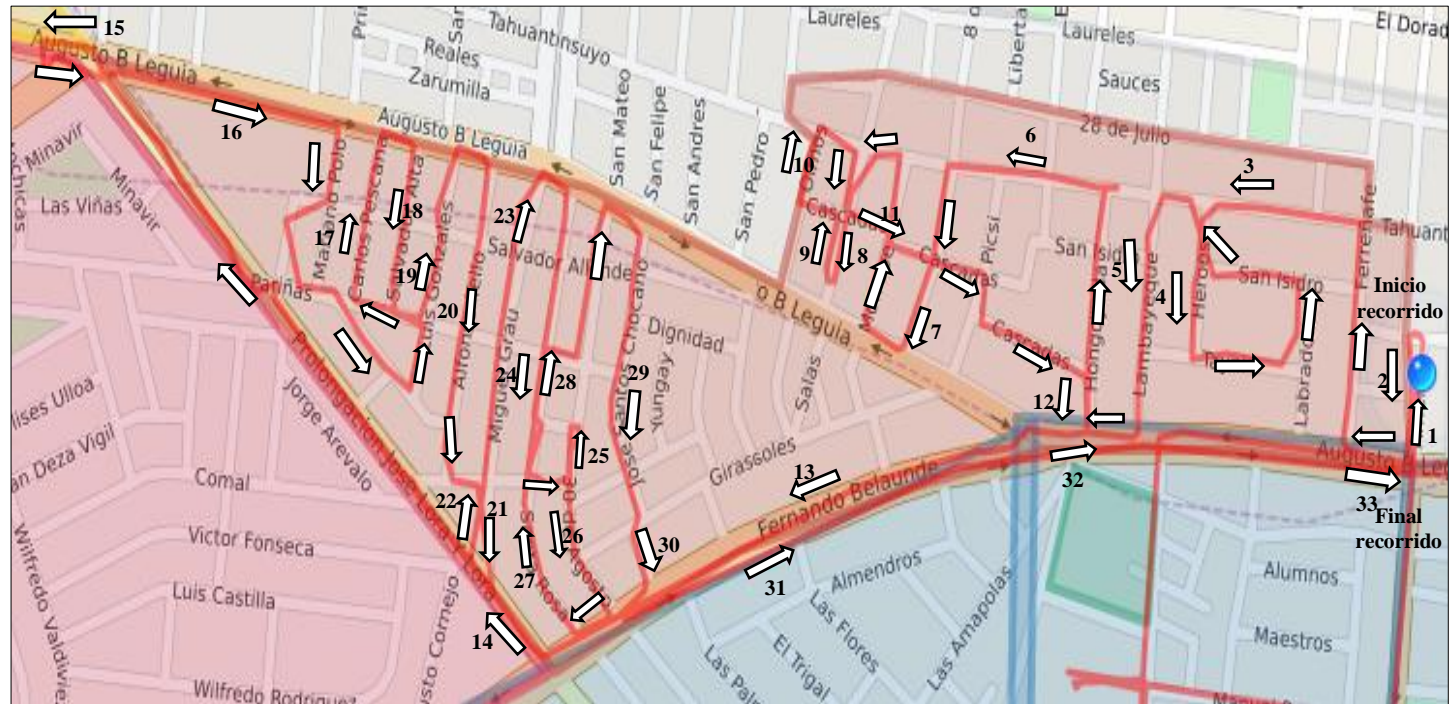


Fuente: Golden- GPS de las unidades compactadoras [39], 2016.

Anexo 07C: Recorrido de la compactadora 94-82 (tercer turno-zona 21)



Anexo 08A: Recorrido de la compactadora 92 (Primer turno-zona 2)



Fuente: Golden- GPS de las unidades compactadoras [39], 2016.

Anexo 08B: Recorrido de la compactadora 92 (Segundo turno-zona 11)



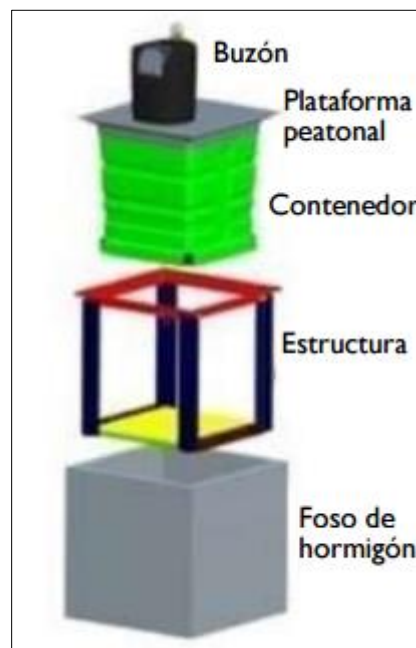
Fuente: Golden- GPS de las unidades compactadoras [39], 2016.

Anexo 10 A: Contenedores soterrados



Fuentes: Contenur

Anexo 10 B: Componentes de los contenedores



Fuentes: Contenur

Anexo 11A: Modelos de Buzón



Fuente: Contenur

Anexo 11B: Tabla con ciertas características de los modelos de Buzón

Buzones	Material	Capacidad tambor	Altura	Sistema de elevación	Tipo de residuo
Milenium	polietileno	80 litros	1110 mm	Anilla simple, Anilla doble, Kinshofer	vidrio, papel, envases, orgánico
Europa	polietileno	80 litros	1043 mm	Anilla simple, Anilla doble, Kinshofer	vidrio, papel, envases, orgánico
Espamecat	metal	75 litros	870 mm	Anilla simple, Anilla doble, Kinshofer	vidrio, papel, envases, orgánico

Fuente: Contenur

Anexo 12: Plataforma de seguridad



Fuente: www.fabrezgroup.com

Anexo 13: Foso de Hormigón prefabricado



Fuente: Contenur

Anexo 14: Ficha técnica Vehículo, Grúa Hidráulica y compactador

VEHÍCULO (camión)	
Marca	IVECO
Modelo	CLS 9-21
Condición	sin uso nueva
Procedencia	Argentina
Año de fabricación	2016
Motor:	
Marca	Iveco
Modelo	Turbo diesel intercooler
Sistema de inyección	Gestión Electrónica Total
Cilindrada total	Menor a 5600 cm ³ ni mayor a 6000 cm ³
Sistema de inyección	Gestión Electrónica Total
Nro. cilindros	6. En línea
Válvulas por cilindro	4
Potencia máxima	No Menor a 235cv a 2,700 rpm
Torque bruto	No menor a 780 nm (82 kgm) entre 1,250 - 2100 rpm
Norma de emisiones	Euro 3
Transmisión	
No velocidades	Mínimo 6 sincronizada adelante + 1 reversa


Tracción	6x2
Embrague	
Tipo	Mono disco seco a diafragma de 15" (380 mm)
Accionamiento hidráulico	Servoasistido
Dirección	Caja a Esferas Recirculantes volante Ø 500 mm. Posición Regulable
Modelo	Indicar
Tipo	Mecánica servo asistida
Eje de latero	
Modelo	De una velocidad
Tipo	Viga de acero forjado sección doble "t", puntas de ejes montadas sobre rodamientos de agujas.
Capacidad	No menor a 7 000 kg
Suspensión	Mecánica a Ballestas Semiélicas con dos Amortiguadores Hidráulicos
Eje posterior	
Modelo	De doble velocidad
Tipo construcción	Del tipo portante
Mazas de ruedas	Montadas sobre cojinetes de rodillos cónicos lubricados con aceite.
Capacidad	No menor 10,300 kg
Suspensión	Mecánica a ballestas semiélicas de doble flexibilidad con ballestín auxiliar.
Amortiguadores	Dos hidráulicos, telescópicos con barra Estabilizadora
Chasis	
Tipo de construcción	Dos largueros paralelos de chapa de acero estampada refuerzos internos de chapa de acero en las zonas de mayor sollicitación
Travesaños	De chapa de acero estampada, remachados y abulonados en el
Paragolpes posterior	Con luces incorporadas.
Freno	
Tipo DEL/TRAS	Sistema Neumático, circuitos independientes para los ejes y remolque.
Freno de servicio	A pedal Con accionamiento optativo del freno motor

Diámetro de los Tambores	Mínimo 380 mm.												
Freno de Motor	Inteligente, con Pantalla Obturadora de Gases de escape a la Salida del Turbo.												
Diámetro de los tambores	Mínimo 380 mm												
Freno de estacionamiento y Emergencia:	Resortes posteriores.												
Freno motor	Inteligente, con pantalla obturadora de gases de escape a la salida del turbo.												
Llantas y aros													
Llantas	A discos 8,25 x 22.5												
Neumáticos	radiales sin cámara 275/80r22,5												
Distancias													
Entre ejes delantero y trasero	6065 mm, 4815 mm												
Entre ejes traseros	Máximo 1250 mm												
GRÚA HIDRÁULICA													
Estabilizadores	mínimo dos de extensión lateral y vertical (hidráulicos)												
Momento de elevación	min 14 tnm, max.15,00 tnm												
Extensiones hidráulicas	2												
Extensiones manuales	1												
Alcance horizontal hidráulica	mínimamente 7,5m												
Alcance horizontal manual	Min. 9,45 m												
Altura alcanzada con la prolongaciones hidráulicas	Min 11,25 m												
Altura alcanzada con la prolongación manual	Min. 13,0m												
Presión de trabajo	Min 230 bar												
Caudal de bomba hidráulica	Min 11,45 gpm												
Capacidad de depósito de Aceite	Min 22 gal												
Angulo de giro	min 390°												
Capacidades requeridas	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Distancia m</th> <th style="text-align: left;">carga kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,90</td> <td>5200</td> </tr> <tr> <td>5,05</td> <td>2950</td> </tr> <tr> <td>6,45</td> <td>2100</td> </tr> <tr> <td>7,85</td> <td>1600</td> </tr> <tr> <td>9,55</td> <td>950</td> </tr> </tbody> </table>	Distancia m	carga kg	2,90	5200	5,05	2950	6,45	2100	7,85	1600	9,55	950
Distancia m	carga kg												
2,90	5200												
5,05	2950												
6,45	2100												
7,85	1600												
9,55	950												
Apertura de estabilizadores	Min 5260 mm												

COMPACTADOR	
Año De fabricación	2016
Capacidad	21m ³
Dimensiones generales	
Depósito de carga	3600 mm x 2300 mm x 2300 mm
Sector de carga	1870 mm x 2100 mm x 2000 mm
Altura borde de carga	3200 mm
Características constructivas y componentes	
Estructuras	Construida íntegramente en perfiles estructurales tubulares y chapa de acero SAE 1010. Espesor general 3/16 (4,75mm) con refuerzos estructurales de ¼ (6,35 mm).
Sistema oleo hidráulico	
Caudal	Mínimo 105 lts /min a 1400 r.p.m
Presión máxima	210 kg/cm ²
Presión general	160 kg/cm ²
Presión de compactación	150 kg/cm ²
Sistema compactador	
Capacidad de cilindros de compactación	Min 30 000 kg
Sección pala compactadora	Max 17 000 cm ²
Tiempo ciclo de compactación	23/25 s


Fuente: SCORZA <http://www.scorza.com.ar/es/areas>

Anexo 15: F-001 Planificación diaria de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos

 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO DIRECCIÓN UNIDAD DE SERVICIO Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PLANIFICACIÓN DIARRIA DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS FECHA:								
VEHÍCULOS RECOLECTORES								
Datos del vehículo			ZONA (Rural/ Urbana)	SECTOR	RUTA	CONDUCTOR	OBREROS	OBSERVACIONES
Nro.vehículo	propio	contratado						
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
CAMIÓN COMPACTADOR MECANIZADA PARA CONTENEDORES SOTERRADOS								
Datos del vehículo			ZONA (Rural/ Urbana)	PUNTO CRÍTICO	RUTA	CONDUCTOR	OBREROS	OBSERVACIONES
Nro.vehículo	propio	contratado						
1								
2								

 FIRMA DEL JEFE O
 SUPERVISOR DE
 RECOLECCIÓN


Anexo 16: F-002 Hoja de Ruta

		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICAYO DIRECCIÓN DE UNIDAD SERVICIO Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS				HOJA DE RUTA SEMANAL					
		PLACA:	DIRECCIÓN:	RETORNO Km/Hora DE TRABAJO	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE Nro. GALONES	ESTACIÓN	CONDUCTOR:	SEMANA DEL:	FISCALIZADOR/FUNCIONARIO USUARIO		
DÍA	SALIDA HORA	Km/Hora DE TRABAJO	HORA	Km/Hora DE TRABAJO	Nro. GALONES	ESTACIÓN	LUGAR DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR	ÁREA	NOMBRE	FIRMA
L											
U											
N											
E											
S											
M											
A											
R											
T											
E											
S											
M											
I											
E											
R											
C											
O											
L											
E											
S											
J											
U											
E											
V											
V											
E											
S											
V											
I											
E											
R											
N											
E											
S											
SABADO											
DOMINGO											


CHOFER

AUTORIZADO


Anexo 17: F-003 Hoja de Inspección Vehicular

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO DEPARTAMENTO DE MATENIMIENTO HOJA DE INSPECCIÓN VEHÍCULAR		COD: PRO-USGRRSS-03 N° 00001		
	FECHA: _____	TURNO: _____			
PLACA: _____	KILOMETRAJE: _____				
CÓDIGO: _____	HORÓMETRO: _____				
CHOFER/OPERADOR: _____	ORDEN MOVILIZACIÓN N° _____				
ITEM	PUNTOS DE CONTROL	"X"	ESTADO		
1	NIVEL DE ACEITE DE MOTOR				
2	NIVEL DE REFRIGERANTE				
3	NIVEL DE AGUA EN EL LIMPIA PARBRISAS				
4	NIVEL DE LIQUIDO DE FRENOS (SI APLICA)				
5	NIVEL DE ACEITE DE SISTEMAS HIDRÁULICO				
6	NIVEL DE LÍQUIDO HIDRÁULICO DE DIRECCIÓN				
7	NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA				
8	PRESIÓN Y ESTADO GENERAL DE NEUMATICOS				
9	FUGAS Y ESTADO DEL MOTOR				
10	FUGAS EN LA DIRECCIÓN				
11	FUGAS EN SISTEMA DE FRENOS				
12	FUGAS EN EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE				
13	FUGAS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN				
14	FUGAS EN EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN				
15	TEMPERATURA Y RPM DEL MOTRO EN RALENTÍ				
16	SONIDOS RAROS (Inspección con el motor encendido)				
17	INTERIOR DE CABINA				
18	LUCES DELANTERAS				
19	LUCES PORTERIORES				
20	ESTADO EXTERIOR DEL VECHÍCULO				
21	MATRICULA DEL VEHÍCULO				
OBSERVACIONES:					
Certifico que realice la inspección del vehículo asignado .					
_____ Firma del Chofer/Operador					

Anexo 18: F-004 Acta de Verificación

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO	ACTA DE VERIFICACIÓN N° DIRECCIÓN DE GESTIÓN Y CONTROL TERRITORIAL
APARTADO PRIMERO: DATOS DE INSPECCIÓN: Nombres y apellidos del Inspector: _____ Fecha de Inspección: Año: [][] Mes: [][] Día: [][] Hora: [][]		
APARTADO SEGUNDO: TIPO DE ACTA: Obstrucción <input type="checkbox"/> Advertencia <input type="checkbox"/> Infracción <input type="checkbox"/> Conformidad <input type="checkbox"/>		
APARTADO TERCERO: DATOS IDENTIFICATIVOS DEL ESTABLECIMIENTO, PROYECTO CONSTRUCTIVO, VIVIENDA O TERRENO: <input type="checkbox"/> Establecimiento <input type="checkbox"/> Proyecto Constructivo <input type="checkbox"/> Terreno <input type="checkbox"/> Vivienda <input type="checkbox"/> Otro - detalle: _____		
CLAVE CATASTRAL: Dirección: _____ Actividad: _____ Uso de suelo: _____ Nombre del Establecimiento o Proyecto Constructivo (de ser el caso): _____		
APARTADO CUARTO: DATOS DEL ADMINISTRADO PRESUNTO INFRACTOR NOMBRES Y APELLIDOS: _____ No. Cédula: _____ Dirección Notificación / Casillero Judicial: _____ No. Teléfono: _____ En calidad de: _____ Correo Electrónico: _____		
APARTADO QUINTO: PROCEDIMIENTO EN CONTRA DEL ADMINISTRADO 1.- La presente Acta se levanta en contra del Administrado identificado en la Sección Cuarta. 1.- Se constata en la presente Inspección, que el Administrado ha incurrido en la conducta determinada en la Sección Sexta de esta Acta.		
APARTADO SEXTO: TIPIFICACIÓN DE LA PRESUNTA INFRACCIÓN		
ORDENANZA DE REGLAMENTACIÓN DEL ÁREA URBANA/RURAL DEL DISTRITO DE CHICLAYO		
<input type="checkbox"/> 199.- URBANIZAR SIN PERMISO DE CONSTRUCCIÓN <input type="checkbox"/> 200.- URBANIZAR SIN PLANOS APROBADOS Y SIN PERMISO DE CONSTRUCCIÓN <input type="checkbox"/> 201.- URBANIZAR SIN PLANOS APROBADOS, SIN PERMISO DE CONSTRUCCIÓN Y NO RESPETEN LAS NORMAS DE ZONIFICACIÓN <input type="checkbox"/> 202.- CONSTRUCCIÓN SIN PLANOS APROBADOS Y SIN PERMISO DE CONSTRUCCIÓN, CONTRAVINIENDO NORMAS DE ZONIFICACIÓN <input type="checkbox"/> 203.- CONSTRUCCIÓN SIN PLANOS APROBADOS Y SIN PERMISO DE CONSTRUCCIÓN, SIN CONTRAVENIR NORMAS DE ZONIFICACIÓN <input type="checkbox"/> 204.- CONSTRUCCIONES SIN SOMETERSE A LOS PLANOS APROBADOS <input type="checkbox"/> 205.- INMUEBLE DESTINADO A ACTIVIDADES NO PERMITIDAS Actividad no permitida que ejecuta: _____ <input type="checkbox"/> 206.- FALTA DE MEDIDAS DE SEGURIDAD <input type="checkbox"/> 207.- OBSTACULIZACIÓN DE INSPECCIONES <input type="checkbox"/> 208.-a)-AUTORIZACIONES REVOCADAS <input type="checkbox"/> 208.-b)-AUTORIZACIONES CADUCAS	<input type="checkbox"/> 210.-a)- TRABAJOS VARIOS SIN PERMISOS SIN CONTRAVENIR NORMAS DE ZONIFICACIÓN <input type="checkbox"/> 210.-b)- TRABAJOS VARIOS SIN PERMISOS CONTRAVINIENDO NORMAS DE ZONIFICACIÓN <input type="checkbox"/> 210.-c)- TRABAJOS VARIOS INCUMPLIENDO LO ESTIPULADO EN EL PERMISO <input type="checkbox"/> 211.- FALTA DE OBTENCIÓN DEL PERMISO DE HABITABILIDAD <input type="checkbox"/> 212.- DAÑOS A BIENES DE USO PÚBLICO Avalúo del daño: _____ <input type="checkbox"/> 213.- OTRAS INFRACCIONES <input type="checkbox"/> 214.- RELLENOS O DESALOJOS Metros cúbicos: _____ <input type="checkbox"/> 215.- SUSPENSIÓN DEL REGISTRO INTERNO MUNICIPAL COMO PROFESIONAL CALIFICADO <input type="checkbox"/> Innumerado 1.- CONSTRUCCIONES CONTRAVINIENDO NORMAS DE EDIFICACIÓN <input type="checkbox"/> Innumerado 3.- CONTINUAR EJECUTANDO UNA OBRA UNA VEZ CLAUSURADA	
ORDENANZA QUE REGULA LA OCUPACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO DEL DISTRITO DE CHICLAYO		
ARTÍCULO QUE CONTRAVIENE: Sección sólo para Art. 17 Estado del Terreno: <input type="checkbox"/> PRESENCIA DE MALEZA <input type="checkbox"/> PRESENCIA DE BASURA <input type="checkbox"/> PRESENCIA DE ESCOMBROS Estado del Cerramiento: <input type="checkbox"/> NO TIENE CERRAMIENTO <input type="checkbox"/> SI TIENE CERRAMIENTO <input type="checkbox"/> CERRAMIENTO EN MAL ESTADO O INCOMPLETO		
OTRO CUERPO NORMATIVO: _____		
ARTÍCULO QUE CONTRAVIENE: _____		
APARTADO SEPTIMO: HECHOS CONSTATADOS: _____ _____ _____		
ÁREA DE LA SUPUESTA INFRACCIÓN: _____ REGISTRO FOTOGRÁFICO: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Plazo para el cumplimiento: _____		
APARTADO OCTAVO: ALEGACIONES/ACLARACIONES POR PARTE DEL ADMINISTRADO: _____ _____ _____		
APARTADO NOVENO: MEDIDAS CAUTELARES <input type="checkbox"/> Suspensión <input type="checkbox"/> Clausura <input type="checkbox"/> Retiro <input type="checkbox"/> Otra - describa: _____		
APARTADO DECIMO: RAZÓN DE NOTIFICACIÓN SIEN TO POR TAL MOTIVO QUE HA SIDO NOTIFICADO/A EL ADMINISTRADO/A, CON LA PRESENTE ACTA DE VERIFICACIÓN EN LA FECHA PUNTUALIZADA EN EL APARTADO PRIMERO.		
Inspector Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____	Administrado/Representante Legal / Dependiente / Testigo Nombre: _____ Cédula/Pasaporte: _____ Firma: _____	
APARTADO UNDECIMO: MOTIVOS DEL ADMINISTRADO PARA NEGARSE A FIRMAR LA PRESENTE ACTA: _____ _____ _____		
*Cuando la presente infracción suponga la afectación de requisitos no esenciales determinados por el organo o funcionarios competentes de la Municipalidad Provincial de Chiclayo, y siempre que los mismos no se derive peligro o daño para las personas, los bienes o al ambiente, el inspector puede advertir y asesorar para que cumpla normativa.		
NOTA. 1.-El acta de conformidad.- Implica que se esta cumpliendo con la normativa jurídica del municipio de Chiclayo 2.-El Acta de Obstrucción.- Se Otorga cuando niega a los inspectores la entrada o el acceso a los lugares objetivo de linspección 3.- E Acta de Asvertencia.- Se otorga cuando supone la efectación de requisitos no esenciales determinados por el órgano ofuncionario competente la M unicipalidad Provincial de Chiclayo, y siempre que los mismos no se derive peligro o daño para las personas, los bienes o el ambiente. 4.-El Acta de infracción.-Una vez notificada en contra del administrado, deba ser remitida inmediatamente al instructor o funcionario decisor para los fines Jurídicos pertinentes		

Anexo 19: F-005 Ficha de Evaluación de la Calidad del Servicio de Recolección

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN											
DIRECCIÓN UNIDAD DE SERVICIOS Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS											
FECHA DE EVALUACIÓN:											
SERVIDOR:				DENOMINACIÓN DEL PUESTO:							
SECTOR:				INSPECTOR:							
RUTA ASIGNADA:											
RECOLECTOR:											
1. EVALUACIÓN DEL SERVICIO											
ITEM	ACTIVIDAD A EVALUAR	CUMPLIMIENTO DE DEBERES			CALIFICACIÓN		OBSERVACIONES				
					Puntaje Base	Puntaje Obtenido					
1	Registra asistencia y cumplimiento de la jornada	SI	NO		10						
2	Servidor se encuentra en su ruta trabajando	SI	NO		10						
3	Cuenta con herramientas completas y en buen estado	SI	NO		10						
4	Uso completo de indumentaria y equipo de trabajo	SI	NO		10						
5	Calidad del trabajo de recolección	BUENO	REGULAR	MALO	30						
6	Ruta revisada de encuentra limpia	LIMPIA	A MEDIAS	SUCIA	30						
CONDUCTOR DEL VEHÍCULO COMPACTADOR O EQUIPO											
(La calificación de los ítems 8,9,10,11 se realizará verificando el formato de mantenimiento creado por la Dirección Administrativa para el control de los vehículos compactadores; cuya responsabilidad esta a cargo de los guardias de seguridad, ubicados en el patio vehicular)					100						
7	¿Se encuentra personal ajeno a la Institución en el vehículo compactador o equipo?	SI	NO		20						
8	¿Se registra revisión del estado general del vehículo compactador o equipo? (motor, llantas, etc).	SI	NO		20						
9	¿Encontro alguna novedad en dicha inspección? ¿se registra reporte de dicho evento?	SI	NO		20						
10	¿Se registra realización de la limpieza del vehículo compactador o equipo?(Incluyendo la cabina)	SI	NO		20						
11	¿Se registra mantenimiento al día del vehículo compactador	SI	NO		20						
CALIFICACIÓN TOTAL OBTENIDA					200						
2. MEDICIÓN DEL SERVICIO RECEPTADO POR EL CIUDADANO											
NOMBRE	CÉDULA	CALIFICACIÓN DEL SERVICIO			SUGERENCIAS						
		BUENO	REGULAR	MALO							
MEDICIÓN CIUDADANO											
Observación General:											

EVALUADOR RESPONSABLE:

EVALUADOR RESPONSABLE:

EVALUADOR RESPONSABLE:

Ficha 20: F-006 Control de Evaluación de Calidad del Servicio de Recolección

CONTROL DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN										
DIRECCIÓN UNIDAD DE SERVICIOS Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS										
Sector o Ruta:										
Inspector:										
REGISTRO DE CALIFICACIÓN OBTENIDA EN EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN										
Item	Nombre del Servidor		Fecha de evaluación	Calificación	Fecha de evaluación	Calificación	Fecha de evaluación	Calificación	Fecha de evaluación	Calificación
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
PROMEDIO SECTOR O RUTA										
OBSERVACIONES										

Responsable evaluación:

Revisado por:

Ficha 21: F-007 Reporte Diario de Rutas Incumplidas

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO DIRECCIÓN UNIDAD DE SERVICIO Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS REPORTE DIARIO DE RUTAS INCUMPLIDAS(SISTEMA DE RASTREO SATELITAL)				
	FECHA:				
	DE:		PARA:		
SECTOR	RUTA	KM TOTAL RUTA	KM EJECUTADO	% EJECUCIÓN	MOTIVO
_____ AUXILIAR ADMINISTRATIVO:					

Ficha 22: F-008 Acta de Entrega – Recepción (Materiales y/o Herramientas)

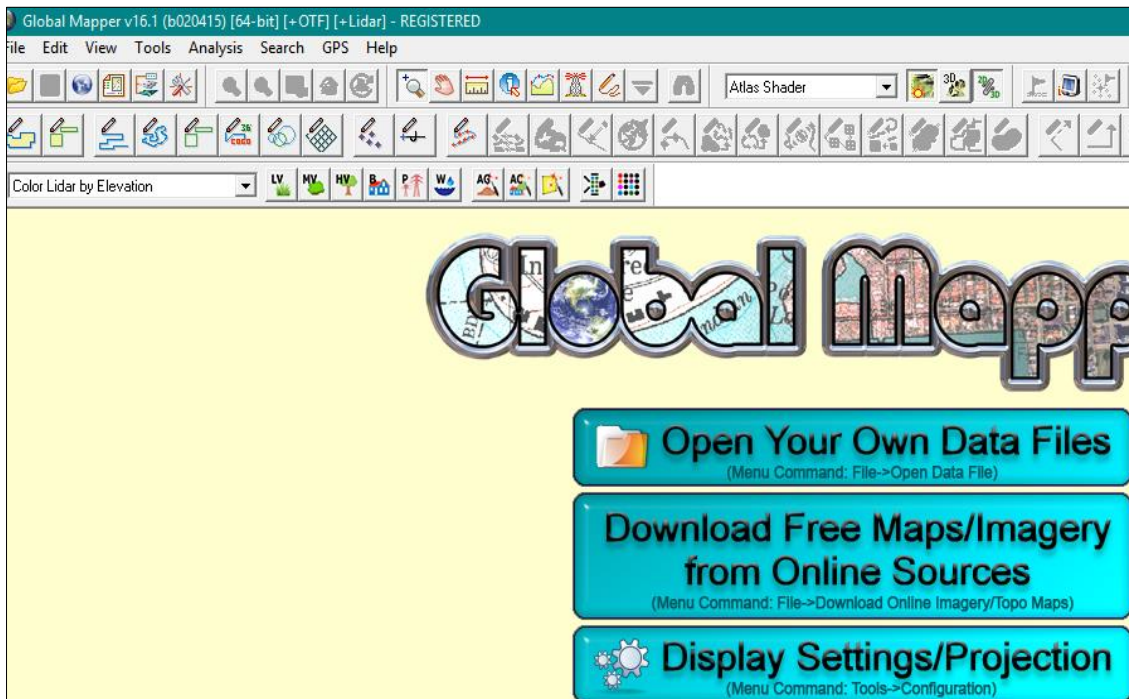
	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO				
	Fecha:MPACH.....				
ACTA DE ENTREGA - RECEPCIÓN (Materiales y/o herramientas)					
EL ING.....DIRECTOR DE UNIDAD DE SERVICIO Y GESTIÓN RESIDUOS SÓLIDOS AUTORIZA LA ENTREGA DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO AL SR.BAJO LA SUPERVISIÓN DEL SR.JEFE DE RECOLECCIÓN E ING.SUPERVISOR DE RECOLECCIÓN.					
FECHA DE LA SOLICITUD:					
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL ENTREGADO	CANTIDAD	FECHA DE ENTREGA ANTERIOR	CANTIDAD	FECHA DE ENTREGA ACTUAL	
RECOLECTOR:(EN CASO DE QUE APLIQUE) DICHAS HERRAMIENTAS SERÁN PARA EL USO DIARIO EN EL DESEMPEÑO DE SUS FUNCIONES, EN CASO DE PERDIDAS SERA DESCANTADO DE SU REMUNERACIÓN MENSUAL.					
_____ DIRECTOR DE UNIDAD DE SERVICIOS Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS		_____ JEFE DE RECOLECCIÓN:			
_____ INSPECTOR:					

Anexo 23: Open Street Map

The image shows a screenshot of the OpenStreetMap website. The top navigation bar includes 'OpenStreetMap', 'Editar', 'Historial', and 'Exportar'. On the right, there are links for 'Trazas GPS', 'Diarios de usuario', and 'Derechos'. The main map area displays a street grid in Lima, Peru, with a red boundary highlighting a specific region. The boundary is roughly rectangular, covering parts of the districts of San José and San Andrés Bolognesi. Key streets visible include Panamericana Norte, Augusto B. Leguía, and Avenida Pedro Ruiz. The map also shows various landmarks and street names like 'Paseo Del Deporte', 'Manuel Arteaga', and 'Avenida Bolognesi'. On the left side of the map, there is a coordinate display showing -79.8861, -79.7989, and -6.7960. Below the coordinates, there is a blue button labeled 'Exportar' and some text in Spanish regarding data licensing and export options.

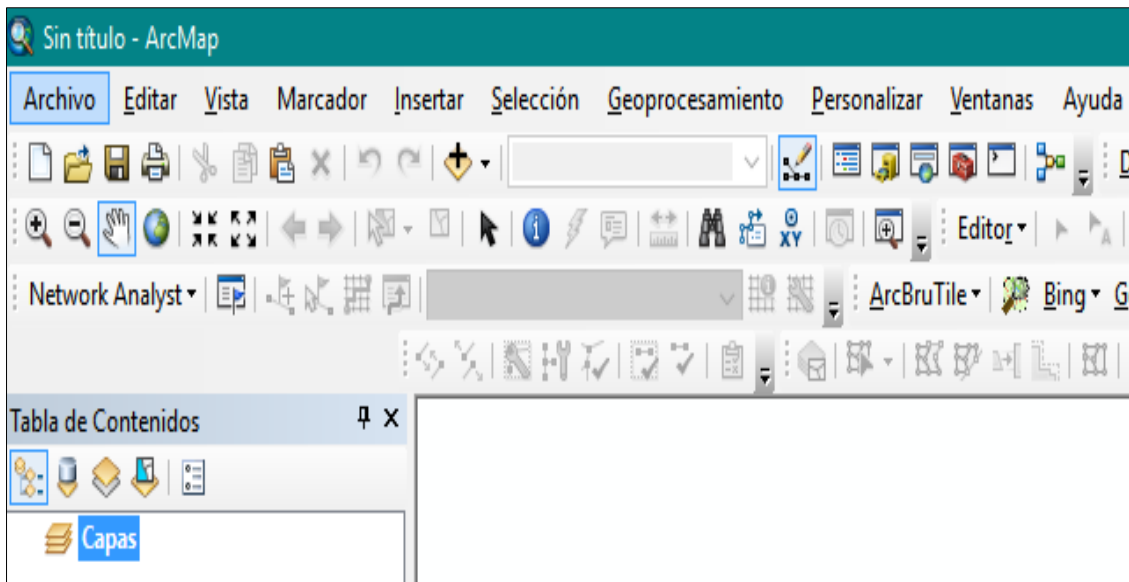
Fuente: <http://www.openstreetmap.org/export#map=16/-6.7664/-79.8676>

Anexo 24: Global Mapper



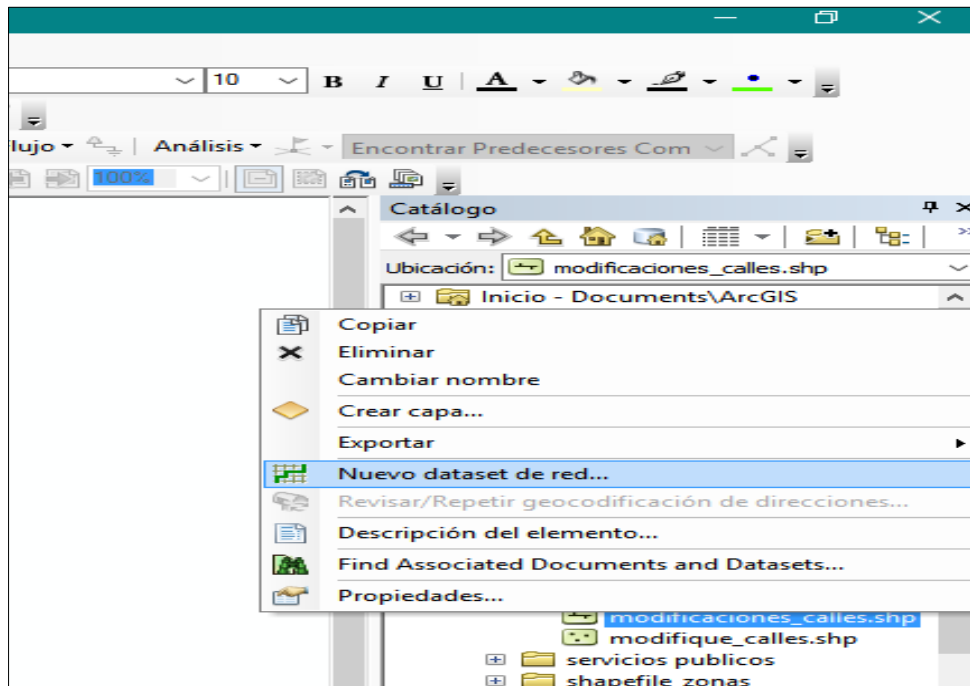
Fuente: Software Global Mapper

Anexo 25: ArcMap



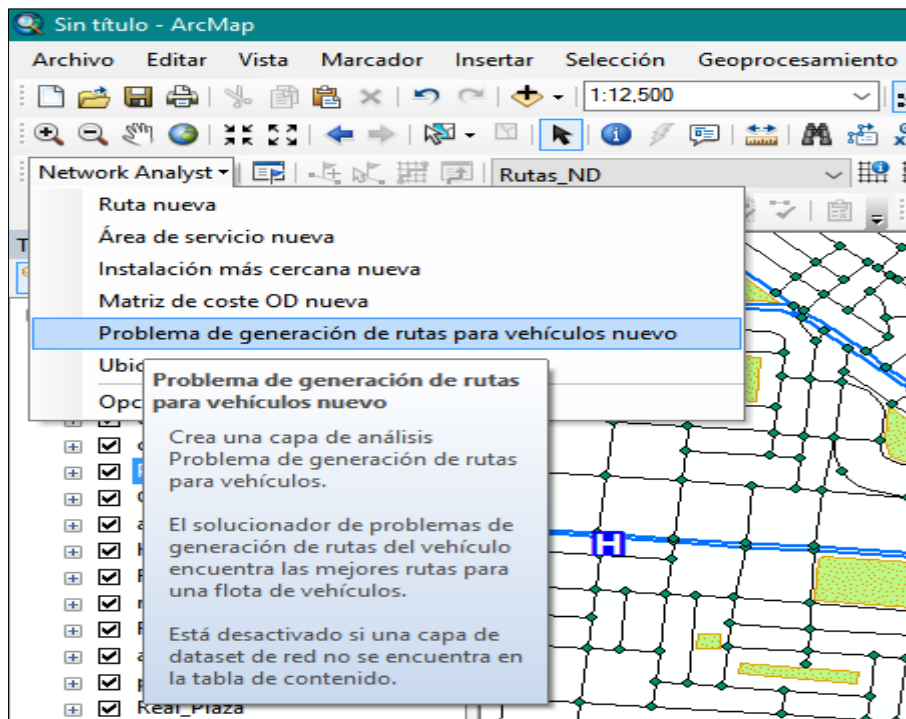
Fuente: ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Anexo 26: creación de un Dataset de red



Fuente: ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Anexo 27A: Uso de la herramienta problema de generación de rutas para vehículos nuevos



Fuente: ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Anexo 27B: Tabla de Atributos y descripción que lleva la capa de rutas del New Vehicle Routing Problem.

Parámetro	Descripción
In_network_dataset	Es el dataset que hemos creado para hacer las rutas, en este caso Madrid_NT
Out_network_analysis_layer	El nombre de la capa de análisis que se creará
Time_impedance	Atributo del coste de tiempo, en este caso minutos
Distance_impedance (opcional)	Atributo de coste de distancia, en este caso metros
Time_units (opcional)	Unidades de tiempo utilizadas en el análisis, (segundo, minutos, hora, días)
Distance_units (opcional)	Unidades de distancia utilizadas en el análisis (millas, kilómetros, pies, yardas, metros, pulgadas, centímetros, milímetros, decímetros, millas náuticas)
Default_date	Fecha para el análisis
Capacity_count	Número de instalaciones de restricciones de capacidad para el análisis
Time_window_factor	Este parámetro permite considerar la importancia de respetar las ventanas de tiempo (alto, medio, bajo)
Exces_transit_factor	Este parámetro permite reducir el exceso de tiempo de tráfico (alto, medio, bajo)
UTurn_policy	Es la política de giros en U en los cruces (Allow_uturns, no_uturns, allow_desde_ends_only, allow_dead_ends_and_intersections_only)
Restriction_attribute_name	Lista de atributos de restricción que se aplicará en el análisis
Hierarchy	Permite utilizar o no utilizar jerarquía en las vías (use_hierarchy, no_hierarchy)
Output_path_shape	Este atributo permite que las rutas tengan la misma forma que las fuentes de la red (true_lines_with_measures, true_lines_without_measures, straight_lines, no_lines)

Fuente: ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Anexo 27C: Tabla de Atributos que contiene la capa de Orders y su descripción

Campo de entrada	Descripción
ID de objeto	Campo ID administrado por el sistema.
Shape	Campo de geometría de nuestra red.
Nombre	Nombre del objeto del análisis.
Descripción	Información de la orden.
ServiceTime	Indica el tiempo que se empleará en cada localización de red cuando la ruta la visite.
TimeWindowStart1	Tiempo inicial de la primera ventana de tiempo para la ubicación de red.
TimeWindowEnd1	Tiempo final de la primera ventana de tiempo para la ubicación de red.
TimeWindowStart2	Tiempo inicial de la segunda ventana de tiempo para la ubicación de red.
TimeWindowEnd2	Tiempo final de la segunda ventana de tiempo para la ubicación de red.
MaxViolationTime1	El tiempo máximo que se puede infringir en una ventana de tiempo, si el tiempo de llegada es después de cierre de dicha ventana.
MaxViolationTime2	Tiempo máximo de infracción permitido para la segunda ventana.
DeliveryQuantities	Este es el tamaño de entrega, se puede especificar en cualquier dimensión peso, volumen o cantidad.
PickupQuantities	Es el tamaño de recogida, en nuestro caso serán los litros de cada contenedor.
CurbApproach	Especifica la dirección en la que un vehículo puede llegar a la ubicación (cualquier lado, lado derecho, lado izquierdo, sin giro en U).

Fuente: ArcGIS 10.4 [34], 2016.

Anexo 27D: Tabla de Atributos que contiene la capa de depots y su descripción

Campo de entrada	Descripción
ID de objeto	Campo ID administrado por el sistema.
Shape	Campo de geometría de nuestra red.
Nombre	Nombre del objeto del análisis.
Descripción	Información de la orden.
TimeWindowStart1	Tiempo inicial de la primera ventana de tiempo.
TimeWindowEnd1	Tiempo final de la primera ventana de tiempo.
TimeWindowStart2	Tiempo inicial de la segunda ventana de tiempo.
TimeWindowEnd2	Tiempo final de la segunda ventana de tiempo.
CurbApproach	Especifica la dirección en la que un vehículo puede llegar a la ubicación (cualquier lado, lado derecho, lado izquierdo, sin giro en U).

Fuente: ArcGIS 10.4 [34], 2016.