



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Propuesta de optimización de microrutas para mejorar el servicio
de recolección de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de
La Brea – Negritos, 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTOR:

Morales Ruiz, Jonathan Enrique (ORCID: 0000-0002-8379-6766)

ASESOR:

Mg. Seminario Atarama, Mario Roberto (ORCID: 0000-0002-9210-3650)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

PIURA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico esta investigación a Dios, creador de todas las cosas, quien me ha dado fuerzas en este camino cuando estaba a punto de caer. De igual manera dedico este informe de investigación a mi abuelo que desde el cielo sé que me está ayudando de la mano con Dios.

A mi madre quien me ha formado y enseñado hábitos y valores, la cual siempre está ahí cuando más la necesito a Gustavo por ayudarme a tomar una buena decisión en mi carrera profesional y finalmente a mi gran amigo Israel por estar presente en este proceso.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por todo lo que me da día a día, gracias a mi madre quien ha sido motor y motivo en este largo camino que no ha sido fácil.

Agradezco a la universidad por permitir que me forme en ella, a los docentes quienes aportaron su granito durante todo este proceso. A la municipalidad distrital de La Brea - Negritos por ayudarme a la obtención de información para este proceso, al gerente de la gerencia de servicios públicos y a cada uno de los trabajadores que se dedican al servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios.

Aquellos amigos que me dieron ánimos cuando estaba a punto de tirar la toalla, por todos los buenos deseos.

Índice de Contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de abreviaturas	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y Diseño de Investigación	13
3.2 Operacionalización y Variables	14
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5 Procedimientos	18
3.6 Métodos de análisis de datos.....	18
3.7 Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSIÓN	32
VI. CONCLUSIONES	36
VII. RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS	38
ANEXOS	42

Índice de Tablas

Tabla 1. Población y Muestra por indicador de la Investigación.....	15
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
Tabla 3. Combustible y Lubricantes	21
Tabla 4. Personal	21
Tabla 5. Horas Hombre – Maquina	22
Tabla 6. Maquinaria.....	22
Tabla 7. Indicadores.....	30

Índice de figuras

Figura 1. Modelo del método de esquina o de parada	10
Figura 2. Modelo del método de acera	11
Figura 3. Esquema de método de llevar y traer o intradomicilio	11
Figura 4. Ejecución Actual de Operaciones.....	20
Figura 5. ¿Cuál de los siguientes tiempos de recojo de la basura le parecen bien?	23
Figura 6. ¿Está usted satisfecho con el servicio de recojo de basura que recibe?	24
Figura 7. ¿Le interesaría el servicio de recojo de basura, a través de un servicio municipal mejorado?	25
Figura 8. ¿Para el programa de recolección de residuos orgánicos que horario le parece el más adecuado?	26
Figura 9. Diagrama de Ishikawa	29
Figura 10. Rutas Actuales	31

Índice de abreviaturas

MINAM	Ministerio del Ambiente
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente.
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SIG	Sistema de Información Geográfica
PEA	Población económicamente activa
RRSS	Residuos Sólidos
TSP	Travelling Salesman Problem

Resumen

La tesis tiene como objetivo elaborar una propuesta de optimización de microrutas para mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios en los domicilios del distrito de La brea - Negritos, lo cual a la vez reducirá tiempos de recolección.

La metodología emplea el método de programación lineal, las rutas propuestas parten de un punto determinado de inicio y otro de fin, para dos rutas específicas (norte y sur). La muestra corresponde completamente a los elementos de la Población, es decir, los 4 sectores referidos según el Plan de Seguridad Ciudadana 2019. Se parte del análisis de encuestas a aplicada a los 4 sectores referidos del Plan mencionado. También se analizan la lista de cotejo tanto para el análisis documentario y observación.

Los principales resultados de la investigación indican que el servicio no abarca gran parte del distrito contando con solo una compactadora, la municipalidad de La Brea entre sus principales deficiencias se encuentra la carencia de: un plano de rutas, un registro formal de recolección de residuos sólidos, mantenimiento preventivo de vehículos, etc. Finalmente concluye que para el sector norte y el sector sur hay una reducción de distancias de 1.216 km (25.87%) y 1.365 km (39%) respectivamente.

Palabras claves:

Recolección de residuos sólidos, Micro Ruteo, Nodos, Optimización, Sectorización

Abstract

The main objective of this thesis is to develop a proposal optimization of microchips to improve the pickup services of domiciliary solid waste at homes from La Brea / Negritos, which at the same time it will reduce pickup time.

The method is based on linear programming, the routes giving start off from a specific point from beginning to end, for two specific routes (north and south). The sample belongs completely to the population elements, that is to say, the four referred sectors according to the citizen security plan 2019. It begins with the analysis of applied surveys to the four referred sectors of the plan mentioned. Besides, the checklist is analyzed for the documentary analysis and observation.

The principle outcomes of the research mean the services do not include a great part of the district if counted with only a compactor. La Brea municipality among its main deficiencies, it's found the lack of: a route map, a formal solid waste collection record, preventive vehicle maintenance, etc. Finally, it concludes that for the north and south sector there is a reduction of distances of 1.216 km (25.87%) and 1.365 km (39%) respectively.

Keywords:

Solid waste collection, Micro routing, Nodes, Optimization, Sectorization.

I. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos hoy en día son un tema de preocupación para la gran mayoría de ciudades a nivel mundial, aspectos como el crecimiento demográfico, la aglomeración urbana, son elementos que generan el incremento de desechos en la ciudad, perjudicando no solo la salud sino también el medio ambiente. En el mundo, se considera que año tras año se genera entre 7 000 y 10 000 millones de toneladas de residuos sólidos domiciliarios, así como también que un promedio de 3 000 millones de personas solicita tener acceso a un adecuado manejo de los residuos sólidos. (PNUMA, 2015).

En cuanto al distrito de La Brea-Negritos, si bien es cierto existen diversas modalidades para el manejo de desechos, estos no funcionan de la manera más adecuada, este aspecto debe tomarse en cuenta más aun sabiendo que a nivel del distrito se genera un promedio de 0.465 Kg de basura por persona al día, compuesto mayormente por residuos orgánicos (Municipalidad Distrital de La Brea - Negritos, 2019).

La población no está convencida acerca del sistema actual de gestión de recursos sólidos. A nivel mundial, la generación de desechos sólidos ha crecido de manera exponencial. Es así que la elevada cantidad que se necesita para su descomposición, sumado al incremento de la producción de desechos se ha adoptado la cultura de “usar y tirar” causando daños significativos en el medio ambiente y en las ciudades, fenómenos en los que nadie se responsabiliza.

En las urbes, la gran cantidad de basura es un grave problema que acompaña a las mismas desde su origen, esto sucede como consecuencia de la alta concentración poblacional y la falta de cultura, motivos que están ocasionando la contaminación de las ciudades. El distrito de La Brea – Negritos no es ajeno a esta problemática, la ineficiente gestión de los residuos sólidos domiciliarios ha originado a lo largo del tiempo diversos puntos críticos en toda el área urbana del distrito dando como consecuencia la aparición de focos infecciosos y malestar de los vecinos.

La aparición de enfermedades infectocontagiosas se ha convertido en otra de las aristas que pone en riesgo a la población, la cual demanda una mejor recaudación y aprovechamiento de los residuos sólidos domiciliarios el 72.25 % de residuos sólidos domiciliarios son re aprovechables (Municipalidad Distrital de La Brea - Negritos, 2019). De no elaborarse esta propuesta en el distrito de la Brea - Negritos, no se presentará una nueva alternativa que mejore la recolección de los residuos sólidos en esa localidad, atentando contra la salud de la población y también el medio ambiente; por lo que no será posible el cuidado sostenible del lugar. Además se verá perjudicada la Municipalidad de La Brea-Negritos ya que no podrá hacer uso de un sistema de microrutas más adecuado y menos complejo que lo beneficie económicamente.

Es por ello, que conviene llevar a cabo esta propuesta de optimización de microrutas para que le dé al distrito de La Brea – Negritos sustento medioambiental, y a su vez le permita aprovechar mejor los recursos y proteger la salud de sus pobladores; para de esta manera, se garantice un nivel adecuado en la salud de los habitantes, y así evitar efectos nocivos, que resultan algunas veces irreparables en recursos como el agua y el aire. Además, porque se pretende optimizar los recursos con los que cuenta la Municipalidad para llevar a cabo la gestión de recursos sólidos (tiempo, dinero, personal, entre otros). Esto obliga a implementar propuestas que permitan hacer frente al problema de forma integral, desde un perspectiva que implique al gobierno, la comunidad y las instituciones locales, así como el contribución proveniente del sector privado.

El Objetivo General de la investigación radica en elaborar una propuesta de optimización de microrutas para mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios en los domicilios del distrito de La brea - Negritos, 2019. Los objetivos específicos son : a) Recopilar información para conocer el proceso de servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de La Brea – Negritos, b) Construir el Modelo de Optimización de microrutas, c) Simular el modelo de optmizacion de microrutas y d) Evaluar el Modelo de Optimización de microrutas.

II. MARCO TEÓRICO

Martínez (2018) en su investigación tuvo como objetivo principal elaborar una propuesta que consiste en el rediseño de rutas de recolección de residuos sólidos, a partir de la evaluación del sistema actual, para así favorecer a la población de la zona urbana con un apropiado servicio de recolección. Respecto a la metodología, la investigación fue de tipo cuantitativo, el nivel fue descriptivo y el diseño fue no experimental. La investigación tuvo como principales conclusiones que el rediseño de las micro rutas de recolección permitió aumentar el uso de la jornada laboral en un 28 % en comparación con el sistema actual, asimismo, la aplicación del sistema propuesto disminuyó el recorrido semanal de 1589 km a 714,31 km lo que significaba una reducción del 45% de la distancia recorrida por todos los vehículos y la disminución de costos en combustibles.

Anchia (2018) en su estudio presentó como principal propósito elaborar una propuesta de micro rutas de recolección selectiva de residuos sólidos valorizables en la zona en estudio para la gestión integral de residuos sólidos y la planificación urbana del cantón. En relación a la metodología, el estudio fue de tipo cuantitativo, el nivel fue exploratorio-descriptivo y el diseño fue no experimental. El autor concluyó que fue posible diseñar rutas óptimas de recolección de residuos en áreas urbanas y que resultaba un aspecto relevante para el correcto diseño de estas rutas actualizar cada determinado tiempo los datos disponibles.

Archiniegas, Lucero y Viñamagua (2016) en su tesis mostró como su principal objetivo optimizar y rediseñar las actuales rutas para la recolección de residuos sólidos por medio del uso de Sistema de Información Geográfica (SIG). La metodología fue de tipo aplicada, el nivel fue descriptivo y el diseño fue no experimental. La tesis concluyó que con las rutas de recolección eficientes se obtenía un 25% y 23% de reducción en la distancia total recorrida en los residuos inorgánicos y orgánicos respectivamente, el tiempo de recolección se disminuía en un 6% y 15% y el ahorro de combustible en un 25% y 23% diariamente.

Daza y Patiño (2015) en su investigación tuvo como propósito principal diseñar un recojo selectivo de residuos sólidos potencialmente reciclables, determinando los puntos de almacenamiento y las rutas de recolecciones, a través la elaboración de un modelo de optimización, para acreditar mayor cobertura y menores costos en la red en la ciudad de Bogotá. En relación a la metodología, la investigación fue de tipo aplicada y el diseño fue no experimental, la técnica y el instrumento de levantamiento de datos fueron la observación y la ficha de observación respectivamente. Se concluyó por medio de los indicadores de desempeño que la mayoría de vehículos no se utilizaban dentro del proceso de recolección, sin embargo, se llevaban a cabo rutas fuera del casco urbano de la ciudad, entretanto, en lo que respecta a eficiencia el método que tenía los mejores resultados fue el modelo de localización; finalmente, se encontró que, para la flota de vehículos con menor capacidad, carretillas, existía en general un mejor porcentaje de utilización de los vehículos.

Ascanio (2017) en su estudio presentó como objetivo principal diseñar un plan de manejo de residuos sólidos en el área urbana del distrito de El Tambo. La metodología del estudio fue de tipo aplicada, puesto que se dirigía a su aplicación inmediata. El nivel de investigación fue descriptivo dado que describía las características del estudio y generaba conocimientos respecto la apreciación de la población. El estudio concluyó que la generación total de residuos sólidos producidos, era un total de 97,168.36 Kg/ diarios, entre los cuales el 21% correspondía a residuos inorgánicos y 79 % residuos orgánicos, del mismo modo se señaló una producción per cápita de 0.659 % Kg/Hab./día.

Ruiz y Vidal (2016) en su tesis mostró como principal propósito elaborar un modelo de optimización para el sistema de recojo de residuos sólidos en el distrito de Reque con la intención de mejorar la eficiencia del servicio. La metodología fue de tipo aplicada y descriptiva, entre tanto que el diseño fue no experimental. Se concluyó que para el sector Reque centro se logró reducir las distancias a 42%; en 28 de Julio se redujo a 38%; en el sector Esperanza se disminuyó a 13% y finalmente en el sector Villa el Sol se logró disminuir a 31%.

Oldenhague (2016) en su investigación tuvo como finalidad elaborar una propuesta de gestión para el manejo de residuos sólidos domiciliarios en San Juan de Miraflores con la intención de reducir el impacto ambiental, así como también lograr una mejora en la recolección y concientizar a los habitantes. En relación a la metodología, fue de tipo aplicada y no experimental. La investigación concluyó que se estimaba que la eficiencia en el servicio de recolección iba a mejorar en 23,60% mediante la aplicación de las medidas propuestas. También concluyó que se lograría un efecto de tipo positivo en el servicio de limpieza de calles dado que se trabajaría con la ayuda de la población.

Tirado (2016) en su estudio presentó como finalidad mejorar las rutas de recojo de residuos sólidos de la ciudad de Cajabamba, con la intención de reducir los costos en el rubro de gastos de limpieza pública de dicha entidad municipal. Respecto a la metodología, el estudio fue de diseño experimental debido a que un experimento se lleva a cabo para analizar como la variable independiente influye sobre una o más variables dependientes y porque lo hace. Se concluyó que el mejoramiento de las rutas de recojo de residuos sólidos de la se efectuaba en 02 rutas y haciendo uso de dos camiones compactadoras, realizando un recorrido total aproximado de 59 539 km, obteniendo un ahorro de 6 325 km en comparación con las rutas anteriores y hubo un ahorro en los costos de combustibles de 616 galones, lo que representaba alrededor S/ 6 758.

Márquez (2015) define a la Microrruta como el recorrido particular que deben realizar de manera cotidiana los vehículos de recolección en las zonas donde han sido establecidos, con el motivo de recoger eficientemente los residuos sólidos ocasionados por los pobladores la mencionada zona. Este procedimiento radica en elaborar una ruta de recorrido personalizada por cada subsector, y de esta forma facilite a los equipos ejecutar la labor de recolección en el menor tiempo posible, tal como precisa el autor en mención. Además, manifiesta que en las rutas de recolección existen aspectos a examinar: a) Tipo y número de equipo elegido, b) Cantidad de tripulantes, c) Periodicidad del recojo, d) Distancia existente entre paradas, e) Distancia existente al lugar de final de disposición, f) Manejo de los contenedores, g) Topografía del terreno, h) Tráfico en la ruta e i) Estado de los caminos.

En relación al trazo de rutas de recojo de residuos sólidos existen dos tipos:

- a) Peine: Es aquella recolección que se realiza en ambos lados del trayecto a la misma hora y solamente una vez por cada trayecto. Este tipo de trazo es sugerido en áreas que tienen escasa densidad poblacional y
- b) Doble peine: Es aquella recolección que se realiza de un lado del trayecto y mínimo se recorre dos veces por cada trayecto. Este tipo de trazo es sugerido para áreas densamente pobladas, primordialmente en áreas mercantiles. (Pearce, 2018).

Macauley (2018) expresa que un eficiente servicio de recojo y transporte de residuos sólidos cuando se logra cumplir con los siguientes objetivos:

- a) Brindar el servicio a los habitantes en su totalidad de manera sanitaria y con una periodicidad apropiada,
- b) Utilizar la capacidad en su totalidad de los vehículos recogedores, es decir, los viajes no se realizan cuando la carga está incompleta,
- c) Emplear la jornada laboral completa del personal,
- d) Disminuir los recorridos inútiles en las rutas, en otras palabras, que exista en menor proporción traslados del vehículo sin recoger basura y pasando en varias ocasiones por la misma vía,
- e) Reducir los costos de manera que el aspecto sanitario no se vea perjudicado, como resultado de los puntos tratados anteriormente y
- f) Tener equipamiento extra para desarrollar un adecuado mantenimiento preventivo y de esta manera lograr lo planificado.

Para el establecimiento de las rutas de recolección existen pasos generales que comprenden lo siguiente:

- a) Elaboración de mapas que permitan localizar y señalar datos oportunos e información referida a las fuentes de desperdicios,
- b) Analizar los datos y si es necesario, resumir la información en tablas,
- c) Asignación previa de rutas y
- d) Valoración de las rutas previas y el progreso de las rutas balanceadas por pruebas continuas.

Los residuos sólidos se definen como aquel elemento desechado que tiene o carece de provecho alguno. El termino residuo guarda relación con la palabra desecho, pues esta tiene de manera tácita la no utilidad del elemento, de acuerdo con Jiménez (2015).

En base a las solicitudes del servicio y el nivel de técnico de los equipos, Cárdenas, Santos, Contreras, Domínguez y Domínguez (2019) clasifican los

métodos de recolección se clasifican de la siguiente forma, de acuerdo con el tipo de operación se clasifica como: a) El método de esquina es el más asequible y, a través del cual los beneficiarios del sistema trasladan sus depósitos hasta donde está ubicado el vehículo recolector ofreciendo dicho servicio.

Canelo (2017) señala que el método de esquina radica en trasladar el vehículo a puntos establecidos y permanecer allí hasta que los beneficiarios trasladen los residuos durante la hora pactada previamente. Entre las Ventajas de este modelo, se encuentra la mejora de la imagen del servicio desde la óptica del usuario, el tiempo reducido que demanda la recolección bajo este modelo y también por el bajo presupuesto que requiere. Las desventajas que presenta este modelo radican en que requiere mayor cantidad de tiempo (en comparación al de contenedores), personal de recolección y compromiso de los usuarios.

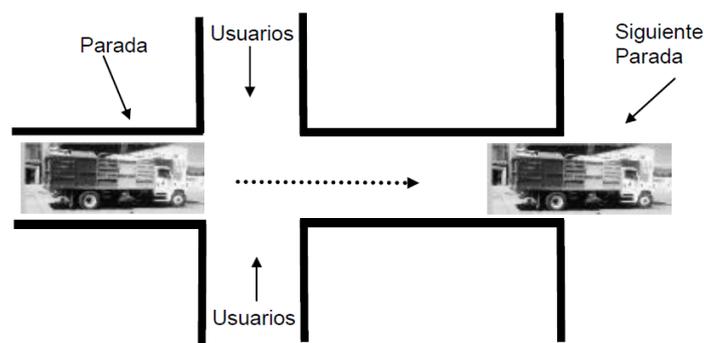


Figura 1. Modelo del método de esquina

El método acera es aquel donde el operario toma los depósitos con desechos que han sido puestos sobre la acera por los beneficiarios del servicio, para luego dirigirse hacia el vehículo recolector, con el propósito de depositar todo el contenido en el interior de la sección de carga o tolva de la unidad mencionada; para luego regresarlos al lugar de donde fueron tomados, para que posteriormente los beneficiarios los retornen a sus viviendas. (Tablada, 2017).

Thorpe (2019) afirma que esta clase de método, no solo es más costoso que el de esquina, sino que tiene como inconveniente que animales ya sean domiciliarios o no (gatos, ratas, perros, entre otros), ya que estos pueden atraerse

por depósitos con residuos sólidos ubicados en la acera, y en cualquier momento, esparcirla al buscar su alimento y, de esta manera, contribuir a que el tiempo de recolección sea mayor.

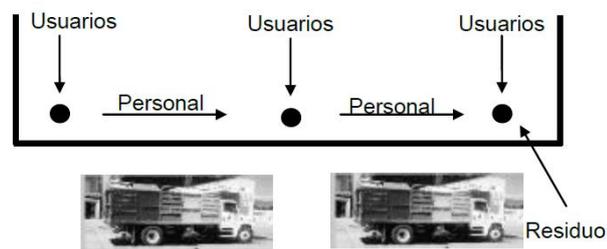


Figura 2. Modelo del método de acera

La ventaja que presenta este modelo radica en que beneficia la percepción de calidad del servicio, mientras que sus desventajas giran en torno al uso de un mayor tiempo de recolección y calidad de operarios, así como la necesidad de contar con el compromiso de los usuarios beneficiados. (Otero, 2016)

Sakurai (2017) señala que el método intradomiciliario guarda cierta relación con el método de acera, con la diferencia de que los trabajadores del vehículo recolector ingresan a los hogares por los depósitos con residuos, y después de realizar la descarga dentro de la caja del vehículo se vuelve al lugar de origen. Sin embargo, este método de recolección resulta tener un costo más elevado que el de acera y, mucho más que el método de esquina. Este método presenta las mismas ventajas y desventajas que las del método de acera, solo existe la diferencia en que en este caso los trabajadores ingresan a los hogares en búsqueda de los depósitos con residuos.

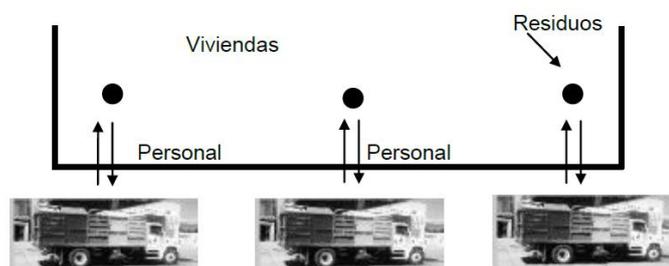


Figura 3. Esquema del método intradomicilio.

La frecuencia se refiere a la frecuencia con la que se lleva a cabo el recojo de residuos en los puntos principales. La recolección puede ejecutarse de forma diaria y alternada o de manera cotidiana. Trucker (2016) expresa que la frecuencia

de recolección de los residuos sólidos ordinarios se lleva acabo de acuerdo con el clima de la zona donde se ejecuta la producción de residuos sólidos. Es por ello por lo que se recomienda en el clima cálido un mínimo una frecuencia tres veces por semana para la recolección, de modo que, según la periodicidad se logrará una cantidad determinada de residuos destinados a ser recolectados, transportados y puestos en disposición.

Girish (2018), sostiene que existen diversas alternativas respecto a la frecuencia con la que se deben recoger los residuos: La recolección diaria, es aquella que se pretende lograr mayormente en las urbes ya sean medianas y grandes. Los vehículos recolectores tienen que recorrer todas las rutas de manera diaria a excepción de los Domingos; motivo el cual los lunes, los residuos que se recolectan pertenecen al período sábado - Domingo. Por ello, la frecuencia es aquella que brinda una mejor percepción del sistema por parte de los beneficiarios, así como también es el que implica un costo mayor.

La recolección cada tercer día, hace referencia a cuando el camión recolector pasa de manera intercalada, por lo que se concluye que pasa tres veces a la semana. Este sistema brinda las ventajas siguientes: El tiempo que toma llenar los camiones recolectores es más corto y el recorrido es menor; en otros términos, la definición de "costo por tonelada-kilómetro", resultaría menor al ser comparada con la frecuencia de manera diaria. (Chen, 2015).

La recolección cada dos veces por semana se establece cuando el camión determina un horario fijo de servicio en el que se seleccionan dos días a la semana. Los objetivos del diseño de las rutas son: (1) Separar la ciudad en zonas (sectores), con el fin que a cada sector se le sea asignado un EPP para la recolección y cantidad de trabajo apropiada. (2) Trabajar bajo una ruta para que en cada sector le de facilidades a cada equipo para realizar el servicio empleando una cantidad menor de recorrido y tiempo. (Environmental treatment in Norway, 2016).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

Según la finalidad, la investigación es aplicada ya que según Hernández y otros (2016) una investigación aplicada es una investigación original que se inicia con la finalidad de lograr nuevos conocimientos. Según la temporalidad es una investigación transversal pues estudia el fenómeno o hecho en un momento en el tiempo, para el caso de esta investigación fue el año 2020 más precisamente los meses de abril y julio. Según el Marco en que tienen lugar es de campo ya que se llevó a cabo en un espacio físico determinado lo que dio lugar a resultados en situaciones similares; sin embargo, no permitió el estricto control que se da en las investigaciones de laboratorio. La investigación es descriptiva, ya que los datos fueron conseguidos por hallazgo aplicando los instrumentos en el área de estudio es decir el distrito de La Brea - Negritos. Estuvo orientada a comprobar pues tuvo por finalidad poner a prueba teorías, empleando un método empírico-analítico.

3.2 Operacionalización y Variables

Variable dependiente:

Servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios.

Definición Conceptual:

El Ministerio del Ambiente (2016) define la recolección de residuos sólidos domiciliarios como el acto de recoger los residuos para transferirlos a través de un mecanismo de locomoción apropiado y promover su posterior de manera sanitaria, segura y adecuada ambientalmente.

Variable independiente:

Microrutas

Definición Conceptual:

Márquez (2016) define a la Microruta como el recorrido particular que deben realizar de manera cotidiana los vehículos de recolección en las zonas donde han sido establecidos, con el motivo de recoger eficientemente los residuos sólidos ocasionados por los pobladores de dicha zona.

3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.

Se presenta la tabla de población y muestra, donde se puede observar cómo estuvo conformada la población y la fórmula para el tamaño de muestra que se aplicó, por último, también se puede apreciar los indicadores y el tipo de muestreo, este fue de tipo censal ya que la población fue igual a la muestra.

Tabla 1. Población y Muestra por indicador de la Investigación

Indicadores	Población	Muestra	Muestreo	Unidad de Análisis
Frecuencia de Recolección.				
Rendimiento Gasto Combustible por Tonelada.				
Rendimiento Gasto en Personal por Tonelada.	Corresponde a los sectores del distrito de La Brea Negritos que tienen acceso al servicio de recojo de residuos sólidos domiciliarios por parte de la Municipalidad de dicho distrito.	Dado que el distrito es pequeño, a modo de muestra también se tomará la misma población.	Censal	Domicilios del distrito de La Brea - Negritos
Rendimiento kilómetros recorridos por Tonelada.				
Rendimiento galones de combustible por horas trabajadas.				
Tasa de cobertura.				
Número de rutas.				
Tiempo de recorrido total.				
Distancia productiva por sector				

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la tabla N° 2 pueden apreciarse las técnicas e instrumentos que se utilizaron para el recojo y tratamiento de los datos con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados.

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Indicador	Técnica	Instrumento
Frecuencia de Recolección	Formatos Estándar / Análisis documentario	Registro de Datos/Guía Documentaria
Rendimiento Gasto Combustible por Tonelada	Formatos Estándar / Análisis documentario	Registro de Datos /Guía Documentaria
Rendimiento Gasto en Personal por Tonelada	Formatos Estándar / Análisis documentario	Registro de Datos /Guía Documentaria
Rendimiento kilómetros recorridos por Tonelada	Formatos Estándar / Análisis documentario	Formato de traslado/Guía Documentaria
Rendimiento galones de combustible por horas trabajadas.	Formatos Estándar	Formato de datos / Registro de Datos
Tasa Cobertura	Encuesta	Cuestionario
Número de Rutas	Formatos Estándar / Análisis documentario	Registro de Datos /Guía Documentaria
Tiempo de recorrido total	Formatos Estándar / Análisis documentario	Formato de Traslado /Guía Documentaria
Distancia productiva por sector	Formatos Estándar / Análisis documentario	Formato de Traslado / Registro de Datos

Fuente: Elaboración Propia

La frecuencia de recolección y el rendimiento del gasto de combustible por tonelada tiene como técnicas los formatos estándar mientras que como instrumento tiene el registro de datos (Anexo 4.b). El rendimiento de kilómetros recorridos por tonelada tiene como técnica los formatos estándar y como instrumento el formato de traslado (Anexo 4.a). El rendimiento de galones de combustible por horas trabajadas, tiene como técnica los formatos estándar y como instrumento el formato de traslado y registro de datos (Anexo 4.a y 4.b). La tasa de cobertura tiene como técnica la encuesta y el cuestionario como instrumento (Anexo 4.e). El número de rutas tiene como técnica el formato estándar mientras que como instrumento el registro de datos (Anexo 4.b). El tiempo de recorrido total tiene como técnicas el formato estándar mientras que tiene como instrumento el formato de traslado (Anexo 4.a), finalmente la distancia productiva por sector tiene el formato estándar como técnica y el registro de datos como instrumento (Anexo 4.b).

3.5 Procedimientos

La Información se recopiló gracias los instrumentos de recolección de datos, estos fueron filtrados, validados y la información que proporcionaron fue almacenada en una computadora personal y de escritorio.

La recolección de datos para el tema ambiental estuvo mayormente basado en documentación de la misma entidad edil. En lo que respecta a la mejora del servicio de recojo, se llevó a cabo un trabajo de campo tomando los datos de las personas que brindan el servicio de recolección de residuos sólidos contando de esta manera con el apoyo de los choferes del camión que brindaron datos importantes para la investigación. Además, se entrevistó al subgerente de la gerencia responsable del personal del servicio de Limpieza Pública del distrito de La Brea - Negritos. La información brindada por el personal permitió contar con información relevante para la investigación ya que sin esta información el análisis realizado no sería suficiente para lograr los objetivos trazados. Finalmente se hizo una observación directa, análisis de datos históricos y revisión de la literatura sobre los principales indicadores socioeconómicos existentes en el distrito.

3.6 Métodos de análisis de datos

Posteriormente se analizaron los datos que fueron fuente de la información del trabajo de investigación. Para llevar a cabo estas actividades anteriormente mencionadas, se utilizó el paquete de Software Office que fue empleado para hacer las interpretaciones, análisis y demás conjeturas acerca de los datos que fueron tabulados en el Software estadístico (SPSS Statistics 25). Así mismo, se empleó el software SOLVER de GRAFOS que permitió llevar a cabo las simulaciones del modelo que se construyó.

3.7 Aspectos éticos

En el tiempo de desarrollo de la tesis, se respetó de manera estricta la confidencialidad de la información recopilada de la Municipalidad Distrital de La Brea - Negritos. Todo el proceso de investigación fue exclusivamente con ese fin, al realizar las técnicas de recolección de datos se tuvo reserva total de la información recopilada y únicamente con fines de investigación tanto para el investigador como para la Municipalidad Distrital de la Brea - Negritos.

La propuesta fue realizada considerando las políticas y normas de la Municipalidad Distrital de La Brea - Negritos, siempre buscando beneficiar a la Institución, al personal de las áreas involucradas y de los usuarios. Finalmente, este trabajo de investigación no presenta copia de contenido total o parcial sustraída de manera ilícita a otros autores.

IV. RESULTADOS

Operaciones: El servicio se presta generalmente de manera diaria durante la semana, de 7 a.m. a 1 p.m. Las zonas urbana y céntrica se atienden de manera diaria, en cambio la las zonas periféricas (no céntricas) reciben el servicio de manera interdiaria y en algunos casos es quincenal (como por ejemplo el caserío Santa Lucía), de tal forma que el servicio no presenta una cobertura en gran parte del distrito. El actual desarrollo de las operaciones se detalla en la figura N° 4.

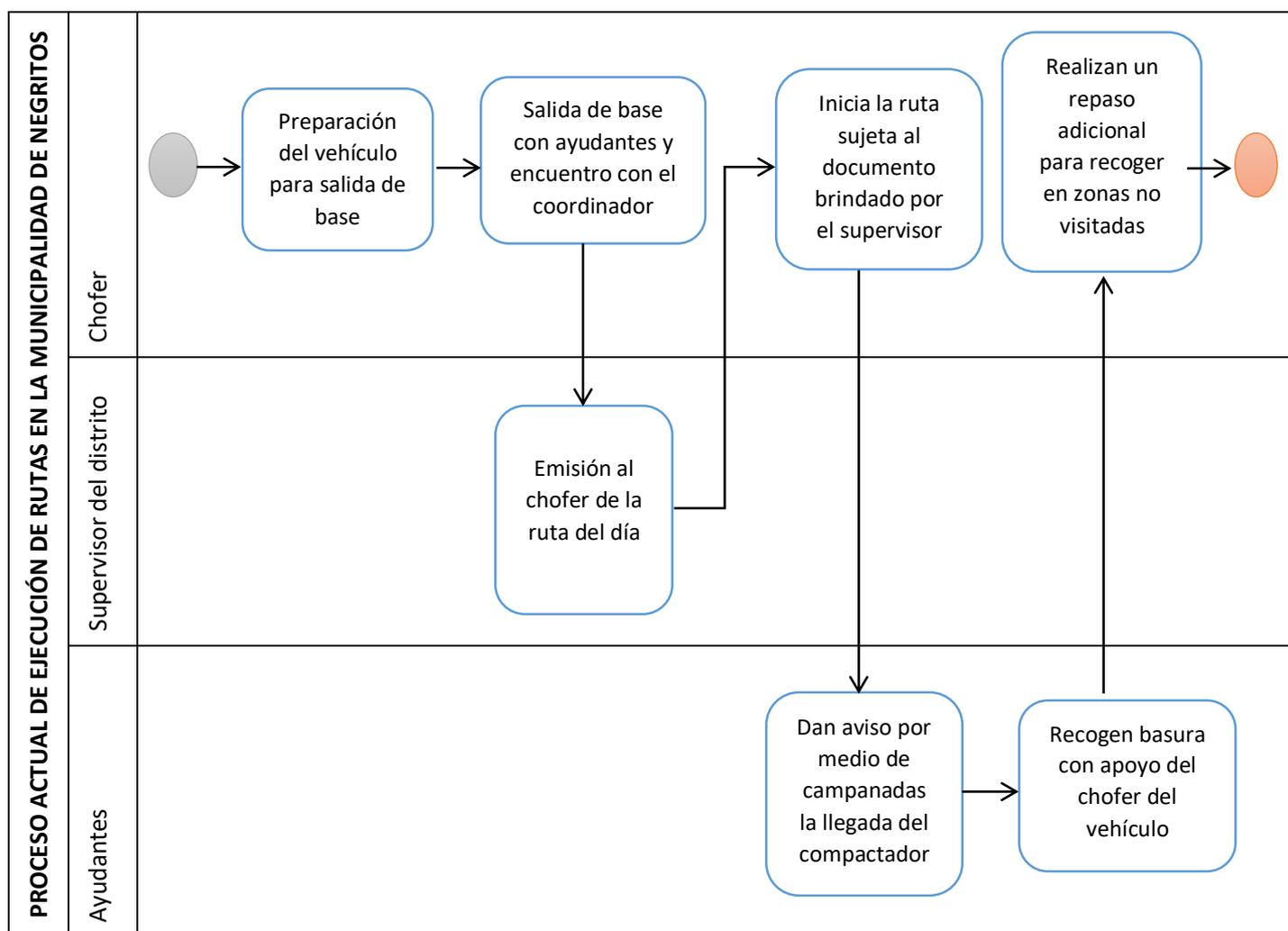


Figura 4. Ejecución Actual de Operaciones

Fuente: Elaboración Propia

La unidad recolectora es una compactadora abierta de 8 toneladas en promedio de capacidad de carga. Los trabajadores de limpieza, emplean EPP, estandarizado y acorde a la función que realizan, no obstante no se les entrega indumentaria para el trabajo.

Tabla 3. Combustible y Lubricantes

Concepto	Cantidad	Unidad de Medida	Costo Unitario	Dedicación %	Costo Mensual	Periodo	Costo Anual
Petróleo	350	Galón	12.50	100	4,375.00	12	52,500.00
Aceite de Motor SAE 25W50	200	Balde	260.00	100	52,000.00	1	52,000.00
Aceite de Transmision SAE-85W/140	45	Balde	260.00	100	11,700.00	1	11,700.00

Fuente: Municipalidad de La Brea - Negritos

Como se observó en la tabla 3, la municipalidad de La Brea asume gastos en combustible, más específicamente de petróleo, así como también de lubricante, ya sea aceite de motor como también aceite de transmisión. Para una óptima recolección de residuos sólidos domiciliarios Cointreau (2017), recomienda siempre no descartar la opción de adquirir un vehículo adicional, ya que un vehículo adicional significará evitar gastos posteriores, los vehículos cuando tienen un largo periodo de funcionamiento tienden a incrementar los gastos en combustible y aceite, por lo que la incorporación de un nuevo vehículo permitirá reducir estos gastos y también será una nueva alternativa en caso uno de los vehículos operativos se encuentre en un desperfecto mecánico significativo.

La tabla 4 muestra el gasto en personal, en la municipalidad de La Brea – Negritos, el personal destinado para las labores de recolección no se aprovecha lo suficiente, el personal obrero mayormente intercala sus turnos para la recolección ya sea a bordo de la compactadora como por medio de motofurgonetas.

Tabla 4. Personal

Concepto	Cantidad	Unidad de Medida	Costo Unitario	Dedicación %	Costo Mensual	Periodo	Costo Anual
Coordinador	1	Unidad	1,600.00	20	320.00	12	3,840.00
Obrero para recolección	20	Unidad	770.00	100	15,400.00	12	184,800.00
Auxiliar para recolección	8	Unidad	950.00	100	7,600.00	13	98,800.00
Chofer para recolección	4	Unidad	1,100.00	100	4,400.00	12	52,800.00
Total							340,240.00

Fuente: Municipalidad de La Brea - Negritos

Los choferes para la recolección tampoco se aprovechan de la misma manera, si bien es cierto tienen dedicación exclusiva con la municipalidad de La Brea – Negritos, no todos trabajan al mismo nivel, este problema puede solucionarse ya que en vez de emplearse un chofer por turno , pueden emplearse dos (tras la adquisición de un nuevo vehiculo) y de esta forma hacer más eficiente el servicio.

Pokhrel (2015) manifiesta de que indicadores relacionados a la recolección de residuos sólidos tales como gasto en combustible y horas hombre - máquina son importantes para el análisis de una microruta ya que servirán como complemento para evaluar el nivel de eficiencia, también señala el hecho de que estas pueden optimizarse mediante un modelo de programación lineal.

Tabla 5. Horas Hombre – Maquina

Unidad	Personal	Hora Maquina	Total de horas empleadas
Compactador	4	8	40
Total			40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Maquinaria

Unidad	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario (S/)
Compactador Volkswagen EGS-286	1	Unidad	410,500
Total			410,500

Fuente: Elaboración Propia

Para recopilar información acerca del proceso del servicio de recolección de residuos sólidos en domiciliarios en el distrito se procedió a aplicar una encuesta a

los jefes de hogar de cada domicilio receptor del servicio de recojo de residuos sólidos domiciliarios desde la figura 5 se muestra la recopilación obtenida a partir de los resultados de la aplicación.

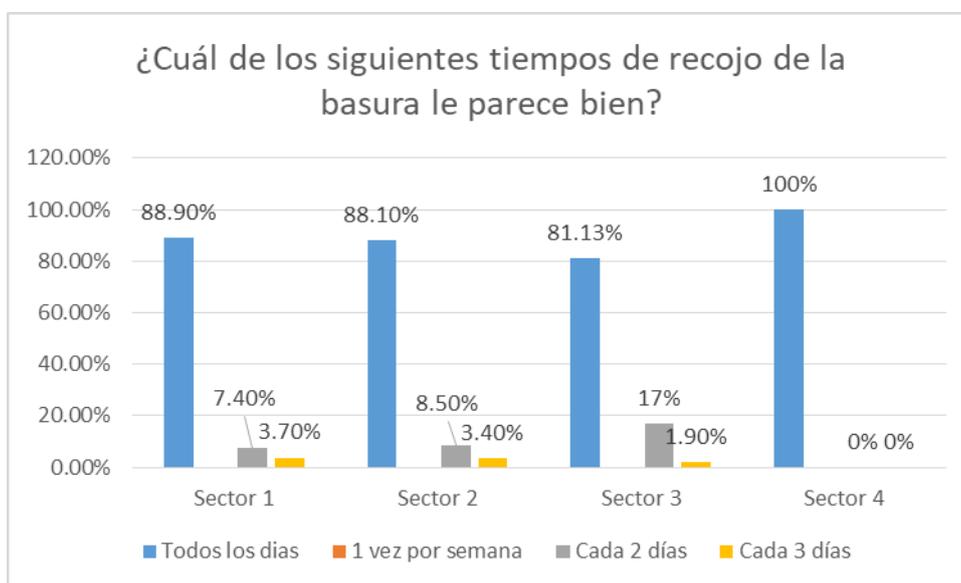


Figura 5. ¿Cuál de los siguientes tiempos de recojo de la basura le parecen bien?

Fuente: Elaboración Propia

En el sector 1, el 88.9 % respondió que todos los días, cifra muy superior a las personas que respondieron cada dos días 7.4% y cada tres días 3.7%, esto refleja que hace referencia la demanda de recojo de residuos sólidos domiciliarios en el sector es diaria. En el sector 2, el 88.1 % respondió que todos los días, cifra muy superior a las personas que respondieron cada dos días 8.5% y cada tres días 3.4%, que hace referencia a que la demanda de recojo de residuos sólidos domiciliarios en el sector es diaria.

En el sector 3, el 79.2 % respondió que todos los días, cifra muy superior a las personas que respondieron cada dos días 17%, esto refleja que la demanda de recojo de residuos sólidos domiciliarios en el sector es diaria. Finalmente, el 100 % respondió que todos los días, esto refleja que la frecuencia de la demanda de recojo de residuos sólidos domiciliarios en el sector es diaria

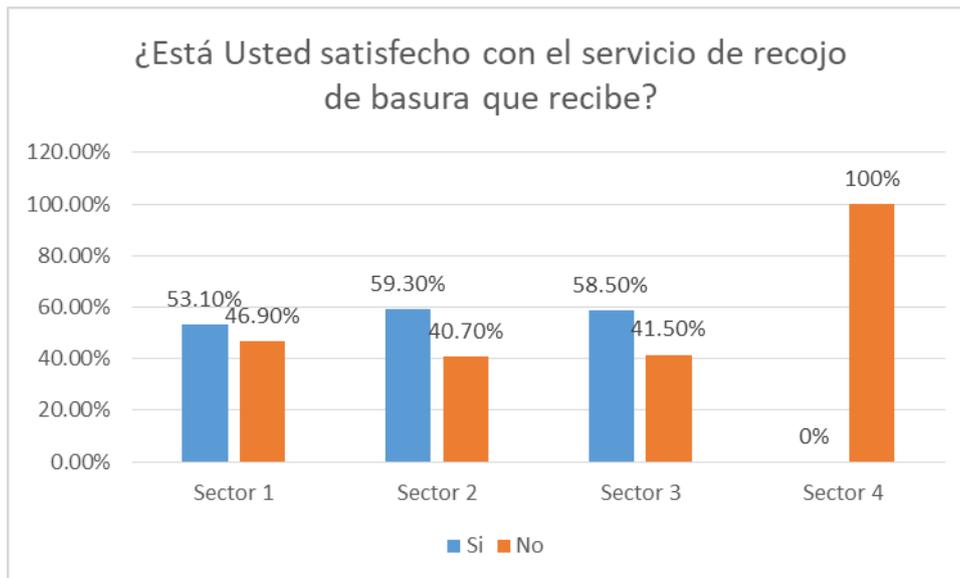


Figura 6. ¿Está usted satisfecho con el servicio de recojo de basura que recibe?

Fuente: Elaboración Propia

En el sector 1, un 53.1 % de las personas encuestadas expresan estar satisfechos con el servicio de recojo de basura que reciben, mientras un 46.9% indican no estarlo. Este es un resultado que prácticamente muestra que hay una opinión dividida acerca del servicio de recolección de residuos sólidos. En el sector 2, un 59.3 % de las personas encuestadas expresan estar satisfechos con el servicio de recojo de basura que reciben, mientras un 40.7% indican no estarlo. Este es un resultado que prácticamente muestra que hay una opinión dividida acerca del servicio de recolección de residuos sólidos.

En el sector 3, un 58.5 % de las personas encuestadas expresan estar satisfechos con el servicio de recojo de basura que reciben, mientras un 41.5% indican no estarlo. Este es un resultado que prácticamente muestra que hay una opinión dividida acerca del servicio de recolección de residuos sólidos. En el sector 4, un 100 % de las personas encuestadas expresan no estar satisfechos con el servicio de recojo de basura que reciben, este es un resultado se debe a que existe un servicio de recolección de residuos sólidos muy restringido en el sector.

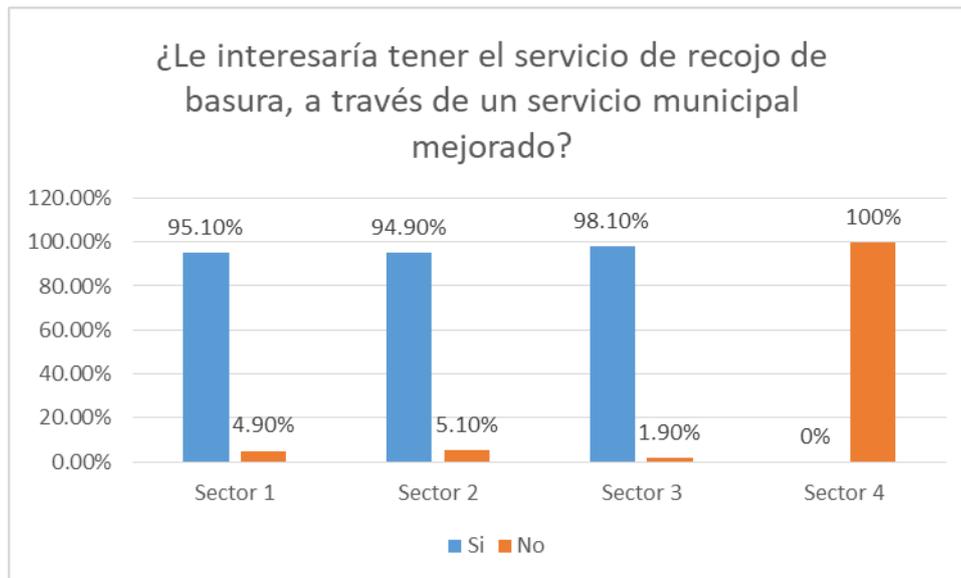


Figura 7. ¿Le interesaría el servicio de recojo de basura, a través de un servicio municipal mejorado?

Fuente: Elaboración Propia

En el sector 1, un 95.1% de los encuestados manifiestan que les interesaría tener un servicio de recojo de basura mejorado, mientras un 4.9% manifiesta lo contrario. Esto refleja que el servicio de recojo de basura tiene aún margen para mejorar. En el sector 2, un 94.9% de los encuestados manifiestan que les interesaría tener un servicio de recojo de basura mejorado, mientras un 5.1% manifiesta lo contrario. Esto refleja que el servicio de recojo de basura tiene aún margen para mejorar.

En el sector 3, un 98.1% de los encuestados manifiestan que les interesaría tener un servicio de recojo de basura mejorado, mientras un 1.9% manifiesta lo contrario. Esto refleja que el servicio de recojo de basura tiene aún margen para mejorar. En el sector 4, un 100% de los encuestados no le interesa tener un servicio de recojo de basura mejorado, esto se debe a que la población de ese sector no le interesa recibir un servicio mejorado porque simplemente no tiene conocimiento de la calidad del servicio actual.

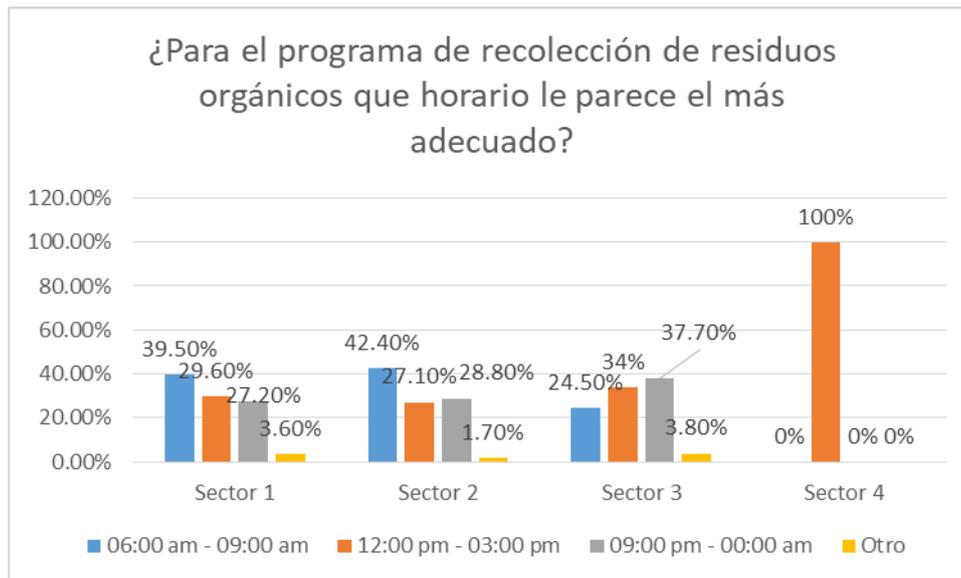


Figura 8. ¿Para el programa de recolección de residuos orgánicos que horario le parece el más adecuado?

Fuente: Elaboración Propia

En el sector 1, un 39.5 % de los encuestados respondieron que el horario más adecuado para la recolección de residuos sólidos es de 6:00 am – 9:00 am, seguido de un 29.6% que respondieron que de 12:00 pm – 3:00 pm y un 27.2 % respondieron de 09:00 pm – 00:00 am, esto refleja una respuesta dividida pero que prácticamente y de manera muy ligera denota una preferencia por llevar a cabo la recolección de residuos sólidos en la mañana. En el sector 2, un 42.4 % de los encuestados respondieron que el horario más adecuado para la recolección de residuos sólidos es de 6:00 am – 9:00 am, seguido de un 28.8% que respondieron que de 09:00 pm – 00:00 am y un 27.1 % respondieron de 12:00 pm – 03:00 pm, esto refleja una respuesta dividida pero que prácticamente y de manera muy ligera denota una preferencia por llevar a cabo.

En el sector 3, un 37.7 % de los encuestados respondieron que el horario más adecuado para la recolección de residuos sólidos es de 09:00 pm – 00:00 am, seguido de un 34% que respondieron que de 12:00 pm – 03:00 pm y un 24.5 % respondieron de 06:00 am – 09:00 am, esto refleja una respuesta dividida pero que prácticamente y de manera muy ligera denota una preferencia por llevar a cabo la recolección de residuos sólidos en la noche.

En el sector 4 , un 100% de los encuestados respondieron que el mejor horario para llevar a cabo el servicio es de 12:00 pm – 03:00 pm, lo que denota una preferencia por llevar a cabo la recolección de residuos sólidos en las primeras horas de la tarde.

El análisis documental se realiza acorde la lista de cotejo respectiva para el análisis documental, los resultados fueron los siguientes: Documento 1: Plano del distrito de La Brea- Negritos (Si Existe, esta actualizado) La municipalidad tiene un plano en formato digital. El cual es actualizado pero no con la frecuencia deseada. El documento 2: Diagrama de procesos de la recolección de residuos sólidos somiciliarios. (Si Existe) La municipalidad tiene diagramas de procesos del recojo de residuos sólidos, lo cual descarta que esto se realice de manera improvisada.

El documento 3: Plano de Sectorización del distrito de La Brea - Negritos (Si Existe) La municipalidad tiene un plano de sectorización. El cual evita que el recojo de residuos sólidos se realice desordenadamente, y que se lleve un control inadecuado. El documento 4: Plano de Rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios. (No Existe) La Municipalidad carece de un plano de Rutas. El documento 5: Manual de Procedimientos del servicio. (No Existe) En la municipalidad los servicios no se encuentran documentados ni definidos.

El documento 6: Registro de la Producción del Servicio por día. (No Existe) Actualmente no existe registro formal de la recolección de residuos sólidos. Se realiza de manera informal en un cuaderno, cabe mencionar que no se sigue un formato dado. El documento 7: Registro de la Disponibilidad de los Unidades (Recolectores). (No Existe) Actualmente no hay un programa para el mantenimiento, lo que pone en riesgo de que las unidades en algún momento no se encuentren operativas. El documento 8: Registro del Trabajo de las unidades recolectoras de Residuos Sólidos Domiciliarios. (No Existe) No existe un registro del trabajo de los vehículos recolectores, tampoco se hace un control del mismo (entrada, salida).

El análisis de las observaciones se llevó a cabo según la lista de cotejo elaborada, para las observaciones, se puede mencionar que: La actividad 1: El Recurso mano de obra que brinda el servicio sigue una ruta establecida que está sujeta frecuentemente a variación. El personal, sigue de manera estricta una ruta establecida y estándar de manera diaria. En ocasiones se tiende a cambiar de ruta.

La actividad 2: El recurso recolector que ofrece el Servicio, están en las mejores condiciones. (Insatisfactorio) El servicio se lleva a cabo con un compactador Volkswagen. La misma que se presenta desgastada. La actividad 3: El Recurso mano de obra que brinda el servicio tiene los EPP. (Satisfactorio) Los trabajadores que llevan a cabo este servicio, tienen con los EPP adecuados, dichos EPP están constituidos principalmente por uniforme, overol, zapatos punta de acero, guantes, mascarillas, gorros y lentes de protección.

La actividad 4: La compactadora, reciben mantenimiento preventivo. (Insatisfactorio) La compactadora solo recibe mantenimiento correctivo, durante los días de mantenimiento la compactadora no brinda el servicio, no existe una compactadora de reemplazo. La actividad 5: Los Recolectores, cuentan con mantenimiento correctivo. (Insatisfactorio) Los vehículos cuentan con mantenimiento correctivo, pero tienen la dificultad que al momento de reemplazar repuestos. Generalmente se busca solucionar el problema empleando los repuestos ya utilizados.

La actividad 6: Se utiliza toda la Capacidad de los recolectores. (Insatisfactorio) No se emplea la capacidad de los recolectores al máximo. Se observa se necesita mayor cantidad de recolectores, pues no son suficientes los recolectores actuales. La actividad 7: El área de almacenamiento de los recolectores es seguro. (Aceptable) Las unidades (Compactadora), son guardadas en el depósito municipal. La cochera es un lugar seguro y cerrado.

La actividad 8: Los operarios que participan en el servicio emplean herramientas que les permite llevar a cabo sus funciones. (Insatisfactorio) Las personas que brindan este servicio, no tienen las herramientas necesarias para su trabajo. Hacen falta de herramientas como por ejemplo rastrillos. La actividad 9: Se pasa dos veces por una calle (Insatisfactorio) Se carece de un plan de rutas, por ende el chofer de turno, recorre las calles de forma aleatoria. La actividad 10: Los Recolectores cumplen su jornada laboral. (Insatisfactorio) Tienen una jornada laboral establecida, que no se cumple en ocasiones. Además debe tenerse en cuenta la disponibilidad del recolector.

A continuación se observa el diagrama de Ishikawa donde se observa la relación de los principales elementos que interfieren dentro del proceso de recolección de residuos sólidos y su relación dentro de la problemática actual causada por la deficiencia en servicio por la mala distribución de las rutas.

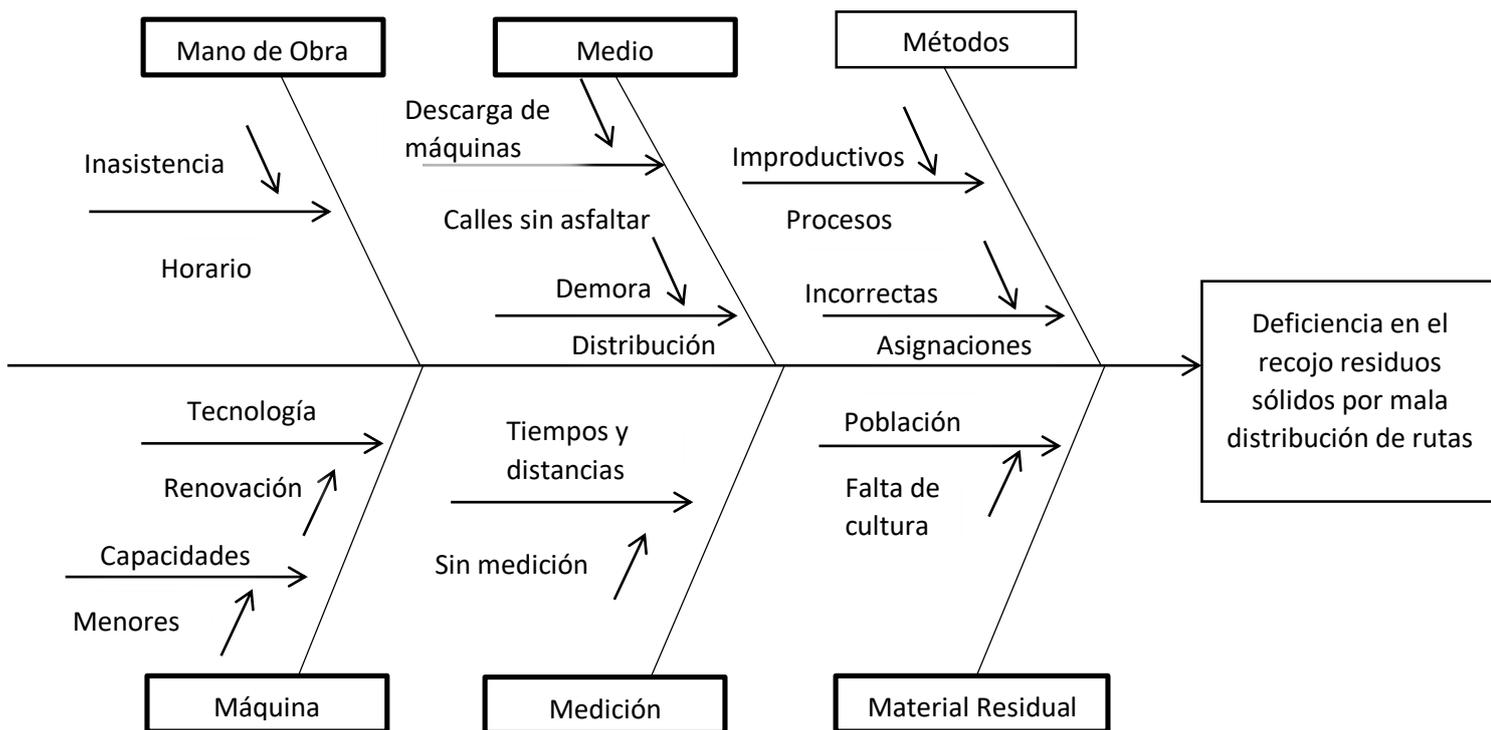


Figura 9. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 7 se puede observar un resumen de los principales indicadores de eficiencia (actual), los mismos que son tomados en cuenta en la matriz de operacionalización, se puede observar que la frecuencia de recolección es de 7 días a la semana (es decir todos los días), también se observan indicadores de rendimiento, se espera que estos puedan reducirse tras la implementación de las nuevas rutas. La tasa de coberturas muestra que la cobertura actual es de menos de la mitad de lo óptimo, la distancia productiva por sector también es un indicador preocupante ya que debería estar por encima del 0.2.

Tabla 7. Indicadores de eficiencia

Indicador	Valor
Frecuencia de Recolección.	7
Rendimiento Gasto Combustible por Tonelada.	0.09
Rendimiento Gasto en Personal por Tonelada.	0.006
Rendimiento kilómetros recorridos por tonelada.	0.71
Rendimientos galones de combustible por horas trabajadas.	0.06
Tasa de Coberturas	40% (1166 domicilios)
Cantidad de rutas	2
Tiempo de recorrido total*	0.82
Distancia productiva por sector	0.2

Fuente: Elaboración Propia

* Se asume 10km/h la velocidad promedio de la compactadora

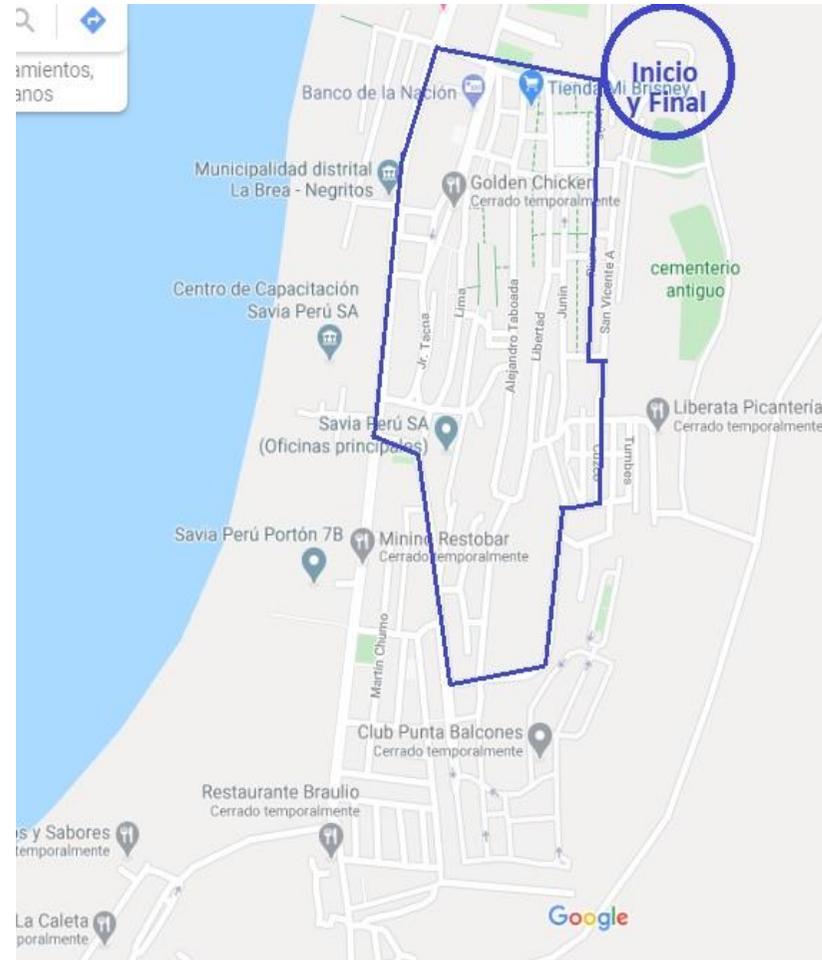
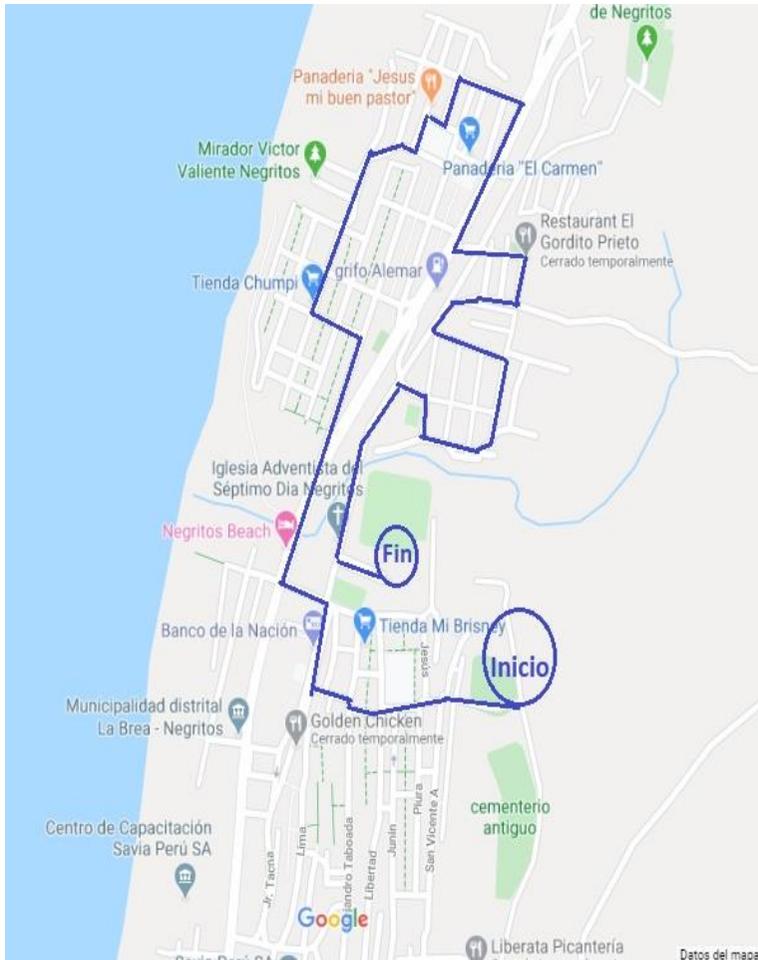


Figura 10. Rutas Actuales

Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN

Mediante la recopilación de información se logró relacionar aspectos a examinar de las dos rutas actuales de recolección que existen en el distrito de La Brea – Negritos siguiendo los parámetros señalados por Márquez (2015) tales como el tamaño de la tripulación (personal), periodicidad (o frecuencia) del recojo y distancia entre paradas (número de nodos).

En contraste con Archiniegas, Lucero y Viñamagua (2016) que contaban con una base importante de información como lo es el Sistema de Información Geográfica (SIG), la investigación realizada tuvo entre sus dificultades no contar con algunas fuentes de información importantes que pudieron haber servido para complementar aún más el análisis de la situación actual del recojo de residuos sólidos en el distrito, entre las principales dificultades que se encuentran la falta de un registro formal de la recolección de residuos sólidos, la falta de un control o registro de trabajo de las unidades recolectoras y la falta de un plano de rutas propiamente dicho.

Ascanio (2017) al igual que nuestra investigación, describe las características y su percepción acerca del servicio actual desde la óptica de la población, por ende, el cuestionario fue un instrumento empleado para ello. Recurriendo a la clasificación de los métodos de recolección de Cárdenas y otros (2019), se puede afirmar que el método de recolección empleado en La Brea – Negritos es el de acera y en los tipos de frecuencia de recolección, esta es diaria. Cabe señalar que los autores de los antecedentes no presentan necesariamente el mismo tipo de método de recolección ni frecuencia que la investigación realizada.

La construcción del modelo de optimización de microrutas siguió la estructura de un modelo de programación lineal, este modelo fue especificado con la intención de encontrar un modelo que permita la mejora en la eficiencia del servicio actual de recolección de residuos sólidos en el distrito de La Brea Negritos, estableciendo una similitud con los hallazgos de Ruiz y Vidal (2016), donde logran optimizar el servicio del recojo de residuos sólidos en el distrito de Reque.

La simulación del modelo de optimización de microrutas se llevó a cabo empleando el software GRAFOS, donde se determinó el costo mínimo de cada ruta propuesta, la simulación también incluye el cálculo de distancia entre los nodos, esta metodología se corrobora con los hallazgos de Ruiz y Vidal (2016) quienes simularon su modelo de optimización de microrutas aplicado para el distrito de Reque con el objetivo de mejorar la eficiencia del servicio. La simulación es una de las maneras más empleadas de encontrar una solución al problema existente otra es el análisis matemático riguroso tal como lo expresó Prawada (2012).

La simulación es una típica disciplina de la investigación de operaciones (al igual que la teoría de juegos, teoría de colas, flujo de redes entre otras. De esta forma la simulación forma parte importante dentro de la investigación operativa, siendo una herramienta importante para solucionar problemas de optimización. (Lieberman, 2016).

Específicamente la simulación realizada se llevó a cabo empleando el método del camino mínimo, más precisamente el algoritmo de Bellman-Ford, esto difiere al método empleado por Ruiz y Vidal (2016) ya que ellos emplearon el método del viajante de comercio. Una fortaleza metodológica a marcar en torno a la simulación radica en el amplio abanico de métodos que existen para poder llevarla a cabo y en el práctico uso de software que facilitan este proceso.

La evaluación del modelo de optimización de microrutas en esta investigación se llevó a cabo de manera práctica, dadas las rutas propuestas (cada ruta con un número de nodos diferente) se escogió a la ruta que tengan menor recorrido pero que al mismo tiempo tengan una mayor tasa de cobertura que la ruta actual, cuando se hace referencia a tasa de cobertura, se hace referencia a una mayor proporción de domicilios que tengan acceso al servicio sobre el total de domicilios del distrito.

Los principales resultados de la evaluación del modelo de optimización arrojan que en la ruta norte se reduce en un 25.87% y en la ruta sur se reduce 39%, comparando las rutas actuales con la ruta propuesta elegida. Dichos resultados corroboran a los resultados obtenidos por Ruiz y Vidal (2016) donde de manera similar a la investigación, se lograron reducir las distancias, en la ruta del sector 28 de Julio se redujo a 38%; en la ruta del sector Esperanza se disminuyó a 13% y finalmente en la ruta del sector Villa el Sol se logró disminuir a 31%.

Es de conocimiento que actualmente en el distrito de La Brea – Negritos, la compactadora de basura realiza su corrido en una proporción importante de domicilios no habitados o terrenos baldíos, por lo que era necesario establecer una ruta que muestre un mayor acceso de domicilios al servicio.

Una microruta más eficiente no solamente será aquella que tenga el recorrido más óptimo sino también será aquella que represente menores gastos al servicio brindado, tales como gastos de combustible, gastos de personal y demás gastos operativos derivados del servicio. Por ende, esta investigación también espera que los gastos de combustible y gastos operativos se vean reducidos.

Si bien es cierto todos los autores expresados en los antecedentes expresan en sus resultados una optimización tras la simulación de sus modelos de optimización, es con Tirado (2016) con quien tenemos mayores coincidencias, al igual que Tirado (2016), el mejoramiento de las rutas de recojo de residuos sólidos debe seguirse efectuando en 02 rutas y empleando una compactadora adicional, ya que una compactadora adicional será muy importante en caso una compactadora presente alguna avería.

La propuesta de optimización de microrutas parte de una breve descripción de la localización geográfica del distrito de La Brea – Negritos, distrito que si bien es cierto es pequeño, presenta el problema de un servicio de recolección de residuos sólidos deficientes y con mucho por mejorar, dado que el distrito no presenta un amplio abanico de calles o avenidas en su área urbana, sólo serán propuestas dos rutas por cada sector (sector norte y sur).

Posteriormente se presentan las principales características socio económicas de la población, los objetivos de la propuesta, el establecimiento de la estrategia de solución, la especificación, simulación y evaluación de los modelos de optimización de microrutas planteados.

La investigación presenta objetivos similares a los antecedentes de la investigación, como por ejemplo Martínez (2018) y Anchia (2018) principalmente, ambas investigaciones tuvieron como objetivo principal el elaborar una propuesta de rediseño de rutas recolección de residuos sólidos más optimas que las actuales que busquen una mayor eficiencia del servicio de recolección de residuos sólidos, menores gastos operativos y de combustible.

Toda propuesta al momento de elaborarse debe de expresar de manera muy clara el entorno del lugar de estudio, no es lo mismo una propuesta de optimización de microrutas en para La Brea Negritos, que para Trujillo o Lima.

La propuesta fue elaborada tomando en cuenta las principales características del servicio de recolección, para esto se ha tenido que recurrir a fuentes proporcionadas principalmente por la Municipalidad Distrital de La Brea Negritos, así también era importante saber la percepción de la población acerca del servicio para la cual se aplicó una encuesta, la aplicación de la encuesta fue acertada sustentada también por la investigación de Ascanio (2017) donde le da importancia a la apreciación de la población con respecto al servicio recibido. La relevancia de esta investigación radica en que será un precedente importante para los demás distritos de la provincia de Talara.

VI. CONCLUSIONES

a) La Municipalidad Distrital de La Brea – Negritos no posee información necesaria sobre la recolección de residuos sólidos, esto significó una dificultad para procesar y analizar los datos de la actual situación sobre problema, y aun cuando cuentan con recurso humano asignado a estas tareas, no se realiza el trabajo que debe realizarse. Para la Sectorización de rutas se efectuó con la ayuda del Plan Distrital de Seguridad Ciudadana 2019, el cual ha servido para sentar una base acerca del recojo de basura empleando otros mecanismos.

b) Para cada ruta se debió plantear, resolver y construir un modelo de programación lineal, donde la cantidad de variables de decisión superan los cien y las restricciones los 20. Se empleó el modelo del agente viajero con programación entera binario (ceros y unos), aquel modelo que genera rutas óptimas; minimizando distancia como función objetivo; y dado que el camión hace un recorrido por todos los sectores en un día alcanzando la cobertura de recolección total.

c) Para representar el modelo de programación lineal se ha empleado el software GRAFOS para ejecutar los cálculos. En este proceso se ha empleado el programa GRAFOS, con la extensión de Solver, una práctica herramienta, fácil de utilizar y los resultados se obtienen instantáneamente.

d) Para el diseño y evaluación del Modelo de optimización se empleó como medida las distancias optimizadas de camino y el combustible necesario, lo que se refleja en una disminución de los costos. En términos generales en la ruta norte se reduce de 4.7 a 3.484 km y en la ruta sur se reduce de 3.5 km a 2.135 km.

e) Se pudo elaborar una propuesta y de implementarse la misma, se dará lugar a un incremento muy importante en los niveles de eficiencia del servicio en el Distrito de la Brea, tal como se pudo apreciar en la mejora de los principales indicadores de eficiencia del servicio.

VII. RECOMENDACIONES

a) La recolección de los residuos en los sectores de la Brea Negritos, debe realizarse mediante el modelo de agente viajero y el método de parada fija, depositando los residuos del sector y de esta forma evitando que puedan almacenarse los residuos de manera temporal y empleando la capacidad total del vehículo.

b) Emplear el modelo de agente viajero en cualquier otro distrito de similares características que La Brea – Negritos, que considere el método de parada fija, permitirá una mejor administración de los recursos.

c) Emplear eficientemente el espacio de los vehículos, no superando la capacidad máxima y realizando el mantenimiento correspondiente.

d) El recorrido obligatorio se precisó acorde las características del distrito. El camión de basura tiene que recorrer las rutas determinadas y dejarlas limpias, sin embargo el camión recorre las calles señaladas en la ruta pero no todas, pues las calles que no son recorridas por el camión son recogidos por los mismos trabajadores que recorren el camino. A estos caminos se les denomina puntos de alcance.

e) Se recomienda a la Municipalidad de La Brea – Negritos que para implementar esta propuesta se debe velar por un trabajo en conjunto de todo el personal responsable de este servicio, monitorear y evaluar frecuentemente el desarrollo de las operaciones y demás indicadores relacionados al servicio, dicho trabajo debe ser constante durante un periodo de 6 meses como mínimo para hacer una posterior evaluación, así también se recomienda el tramitar la adquisición de una nueva compactadora que permita efectuar la cobertura del recojo de residuos sólidos en el distrito.

REFERENCIAS

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2016. *Municipal Solid Waste Management Alternatives*. Detroit : Michigan University, 2016.

ANCHÍA, D. 2018. *Propuesta para el diseño de micro-rutas de recolección de residuos sólidos valorizables en el casco central comercial de la ciudad de San José*. San José : Universidad Nacional de Costa Rica, 2018.

ARCHINIEGAS, S., LUCERO, J. Y VIÑAMAGUA, J. 2016. *Diseño de un sistema de rutas de recolección de residuos sólidos en el cantón Cayambe*. Quito : Universidad Central del Ecuador, 2016.

ASCANIO, F. 2017. *Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos para el Distrito de El Tambo segun las recomendaciones de la Agenda 21*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.

CANELO, C. 2017. *Flow Control and Rent Capture in Solid Waste Management*. New York : Ecoiuris, 2017.

CÁRDENAS FERRER, T., Y OTROS. 2019. *Propuesta Metodológica Para el Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Villa Clara*. Villa Clara : Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 2019.

CHEN, M. 2015. *Solid waste management on small islands: the case of Green Island, Taiwan*. New York : Resources, Conservation and Recycling, 2015.

COINTREAU. 2017. *Solid Waste and Recycling: Case Studies in Developing Countries*. World Bank : Washington, 2017.

COX, L. 2016. *Varieties and Algorithms*. New York : UTM Springer, 2016.

DAZA, Y. Y PATIÑO, J. 2015. *Aplicación de técnicas de optimización para el diseño de rutas de recolección selectiva de residuos sólidos en Bogotá*. Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2015.

EDMONDS, J. 2016. *Euler Tours and the Chinese Postman*. Pekin : 2016, 2016.

Environmental treatment in Norway. **AASS, F. 2016.** 1, Oslo : The ISWA Yearbook, 2016, Vol. 1.

FLINTOFF, F. 2015. *Management of Solid Waste in Developing Countries.* New Delhi : World Health Organization, 2015.

GIRISH, M. 2018. *Problems of Solid Waste Management in Delhi.* Delhi : Nagarlok, 2018.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, L. 2016. *Metodología de la Investigación.* Mexico D.F. : Mc Graw Hill, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. 2018. *Censos Nacionales XII de Población y VII de Vivienda, 22 de octubre del 2017, Perú: Resultados Definitivos.* Lima : Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018.

La gestión de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad.
JIMÉNEZ, N. 2015. 17, 2015, Revista Latinoamericana de estudios ambientales, págs. 29-66.

LIBERMAN, F. 2016. *Introducción a la investigación de operaciones.* Mexico D.F. : Mc Graw Hill Educacion., 2016.

MACAULEY, M. 2018. *Solid Waste Reduction and resource Conservation: Assessment Policy.* New York : Resource for the Future, 2018.

MÁRQUEZ, J. 2015. *Macro y Micro Ruteo de residuos sólidos residenciales.* Sincelejo : Universidad de Sucre, 2015.

MARTÍNEZ, FABIÁN. 2018. *Propuesta de rediseño de Macro y Micro rutas del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos de la ciudad del Tulcán.* Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2018.

MINISTERIO DEL AMBIENTE . 2016. *Recolección de residuos sólidos domiciliarios en el Perú.* Lima : MINAM, 2016.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LA BREA - NEGRITOS. 2019. *Estudio de caracterización de residuos solidos .* La Brea - Negritos : Municipalidad Distrital de La Brea - Negritos, 2019.

—. 2017. Historia del distrito La Brea. *Mapa político de la Brea*. [En línea] 20 de Marzo de 2017. [Citado el: 21 de Junio de 2020.] <https://www.munilabrea.gob.pe/ubicacion-y-mapas.php>.

OTERO, L. 2016. *Guía Profesional para la gestión ecológica de residuos sólidos urbanos*. Madrid : Ecodosier, 2016.

PALMER , K. 2016. *Optimal Policies for Solid Waste Disposal Taxes, Subsidies and Standars*. Houston : Journal of Public , 2016.

PEARCE, D. 2018. *Market-based Approaches to Solid Waste Management*. Washington : Journal of Public, 2018.

PNUMA. 2015. *Medio Ambiente en América Latina y el Caribe*. Bogotá : Naciones Unidas, 2015.

POKHREL, D. 2015. *Municipal solid waste management in Nepal: practices and challenges*. Katmandú : National Planning Commission, 2015.

PRAWADA, J. 2012. *Metodos y modelos de investigación de operaciones*. Mexico D.F. : Noriega Editores, 2012.

Propuesta de un programa de gestión para mejorar el manejo de los residuos sólidos en el distrito de San Juan Miraflores. **OLDENHAGUE, F. 2016.** 2016, Producción y Gestión, págs. 7-12.

RUIZ, I. Y VIDAL, W. 2016. *Modelo de Optimización del sistema de recojo de residuos sólidos en el distrito de Requena para mejorar la eficiencia de operaciones Chiclayo-2016*. Pimentel : Universidad Señor de Sipán, 2016.

SAKURAI, K. 2017. *Residuos Sólidos -Definición, Clasificación y Manejo*. México D.F : CEPIS, 2017.

TABLADA, B. 2017. *Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos*. San José : Turrialba, 2017.

TAHA, H. 2018. *Operations research*. Washington : Pearson Education, 2018.

TCHOBANOGLIOUS, G. 2017. *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid : McGraw-Hill, 2017.

THORPE, G. 2019. *Integrated Solid Waste Management: A framework for analysis.* London : Journal of Environmental System, 2019.

TIRADO, S. 2016. *Impacto Económico de la mejora de las rutas de recolección de residuos sólidos de las ciudad de Cajabamba , en el rubro de costos de limpieza pública de la Municipalidad Provincial de Cajabamba.* Trujillo : Universidad Privada del Norte, 2016.

TRUCKER, P. 2016. *The Impact of Change in Collection Frequency on Kerbside Recycling Behavior.* London : Journal of Environmental Planning and Management, 2016.

WINSTON, W. 2015. *Investigación de Operaciones : Aplicaciones y Algoritmos.* Mexico D.F. : Thompson, 2015.

ANEXOS

Anexo 3. Matriz de Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Definición Operacional	Indicador	Escala
Variable dependiente: Servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios.	El MINAM (2016) define la recolección de residuos sólidos domiciliarios como el acto de recoger los residuos para posteriormente transferirlos por un medio de locomoción apropiado y proseguir con su manejo de manera segura, sanitaria y adecuada ambientalmente.	Frecuencia	Días a la semana que se hace el recojo de residuos sólidos en el distrito.	Frecuencia de Recolección	
		Rendimiento	El rendimiento de Gasto de Combustible por Tonelada es el cociente resultante del Total de Toneladas de residuos domiciliarios recolectados al mes sobre el Total de Gasto en Combustible al mes. $R1 = \frac{\text{Total Toneladas al mes}}{\text{Total Combustible al mes } S/}$	Rendimiento Gasto Combustible por Tonelada	Razón
			El rendimiento de Gasto en Personal por Tonelada es el cociente resultante del Total de Toneladas de residuos domiciliarios recolectados al mes sobre el Total de Gasto en personal al mes. $R2 = \frac{\text{Total Toneladas al mes}}{\text{Total personal al mes } S/}$	Rendimiento Gasto en Personal por Tonelada	
			El rendimiento de kilómetros recorridos por tonelada es el cociente resultante del Total de Toneladas de residuos domiciliarios recolectados al día sobre el Total de Kilómetros recorridos totales al día. $R3 = \frac{\text{Total Toneladas al dia}}{\text{Kilometros recorridos totales al dia}}$	Rendimiento kilómetros recorridos por Tonelada	
	El rendimiento de galones de Combustible por horas trabajadas es el cociente resultante del Total de Horas Trabajadas al día sobre el Total de galones de Combustible al mes. $R4 = \frac{\text{Total Horas trabajadas al dia}}{\text{Total galones combustible al mes}}$	Rendimiento galones de combustible por horas trabajadas.			

		Cobertura	Son los domicilios que tienen acceso al servicio sobre el total de domicilios del distrito.	Tasa de cobertura	
Variable independiente : Microrutas	Márquez (2016) define a la Microruta como el recorrido particular que deben realizar de manera cotidiana los vehículos de recolección en las zonas donde han sido establecidos, con el motivo de recoger eficientemente los residuos sólidos ocasionados por los pobladores de dicha zona.	Microrutas para el distrito de la Brea-Negritos	Son las microrutas diseñadas que forman parte de la propuesta.	Número de rutas	Intervalo
			El tiempo de recorrido total es el cociente resultante de la distancia total de las microrutas en kilómetros sobre la velocidad promedio de recolección. $TRT = \frac{\text{Distancia Total de las microrutas (km)}}{\text{Velocidad de recolección (kmxh)}}$	Tiempo de recorrido total	
			La distancia productiva por sector es el cociente que resulta de la división siguiente, siendo: a = Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total. T= Tiempo disponible para la recolección. r= Velocidad de avance del vehículo durante la recolección. d= densidad de la población. $DPS = \frac{axTxr}{d}$	Distancia productiva por sector	

Anexo 4. Instrumento de recolección de datos

a) Formato de Traslado

Responsable	Hora Inicio	Hora Fin	Toneladas diarias	Gasto en Combustible	Km recorridos diarios /Sector	Tiempo	Observación
Chofer	06:00 am	02:00 pm	5.8	35 galones (5 galones por día)	4.7 km sector norte 3.5 km sector sur	8 horas	1 hora dedicada en el quemadero (01:00 pm-2:00pm)

b) Registro de Datos

Micro ruta : Micro ruta norte y sur
Frecuencia (Número de días por semana): 7
Gasto en combustible (mensual): S/. 1750.00
Galones de Combustible (mensual) : 140
Total de Toneladas (mensual) : 174
Gasto de personal (mensual) : S/ 27720.00

c) Guía de Revisión Documentaria

	Documento	Existe		Se actualiza		Observación
		Si	No	Si	No	
1	Plano del Distrito de La Brea- Negritos.					
2	Diagrama de Procesos del Proceso de Recojo de Residuos Sólidos domiciliarios.					
3	Plano de Sectorización del Distrito de La Brea Negritos.					
4	Plano de Rutas de Recojo de Residuos Sólidos Domiciliarios.					
5	Manual de Procedimiento de cada servicio.					
6	Registro de la Producción del servicio por día.					
7	Registro de la Disponibilidad de las unidades (Recolectores).					
8	Registro del Trabajo de las unidades recolectoras de Residuos Sólidos Domiciliarios.					

d) Guía de Observación para evaluar el sistema de recojo de residuos sólidos domiciliarios de distrito de La Brea – Negritos.

	Actividades	Cumplimiento		
		Pleno	Aceptable	Insatisfactorio
1	El recurso mano de obra que ofrece el servicio sigue una ruta establecida.			
2	El recurso recolectores que ofrece el servicio está en óptimas condiciones.			
3	El recurso mano de obra que ofrece el servicio cuenta con los elementos de protección personal.			
4	Los recolectores reciben mantenimiento preventivo.			
5	Los recolectores reciben mantenimiento correctivo.			
6	Se utiliza toda la capacidad de los recolectores.			
7	El área de almacenamiento de los recolectores es seguro.			
8	Los operarios que recolectan los residuos sólidos emplean herramientas para realizar su trabajo.			
9	Se detiene por alguna calle, dos veces o más.			
10	Los recolectores cumplen con un horario pre-establecido.			

e) Cuestionario Aplicado a ciudadanos

Cuestionario de opinión del servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios por parte de la Municipalidad Distrital de La Brea - Negritos

Hola, soy Jonathan Morales , estudiante de Ingeniería Industrial , el siguiente cuestionario busca recopilar la opinión de los ciudadanos con respecto al servicio de recolección de residuos sólidos en La Brea - Negritos , este cuestionario se hace con fines exclusivamente académicos relacionados a mi persona, agradezco su participación.

*Obligatorio

Número de DNI

Número de Teléfono Fijo y/o Celular

Localidad

- La Draga
- AH La Capilla
- AH 1° de Junio
- AH 1° de Julio
- AH Víctor Valiente
- AH Los Algarrobos
- AH Los Pinos
- AH Micaela Bastidas
- Negritos Cercado
- Agrupación San Martín
- Urb. Belco
- Villa Savia
- Puerto Menor San Pablo
- Urb. Indoamérica
- Zona Industrial
- AH Villa Hermosa
- AH San Cristobal Bajo
- AH San Cristobal Alto
- Caserío Santa Lucia

Edad

- Menor de 18 años
- 18 a 30 años
- 31 a 40 años
- 41 a 50 años
- 51 a 60 años
- Más de 60 años

Instrucción

- Sin instrucción
- Primaria Incompleta
- Primaria Completa
- Secundaria Incompleta
- Secundaria Completa
- Superior Incompleta
- Superior Completa

Ocupación

- Ama de casa
- Estudiante
- Trabajador dependiente
- Trabajador Independiente
- Desempleado

Ingreso familiar al mes

- Menos de S/. 930.00
- Entre S/. 931.00 y S/. 1200.00
- Entre S/. 1201.00 y S/. 1500.00
- Entre S/. 1501.00 y S/. 1800.00
- Más de S/. 1800.00

¿Cuenta con los siguientes servicios? (puede elegir más de 1 opción)

- Luz
- Agua
- Desagüe
- TV Cable / Internet

¿Qué es lo que más bota al tacho de basura en casa?

- Sobras de alimentos
- Latas
- Papeles
- Plásticos
- Otro: _____

¿En qué tipo de envase/recipiente/tacho tiene la basura en su casa? *

- Caja
- Bolsa Plástica
- Tacho de plástico
- Cilindro
- Costal
- Otro: _____

¿En cuántos días se llena el tacho de basura de su casa?

- En 1 día
- En 2 días
- En 3 días
- En más de 3 días

Cuando se acumula varios días la basura en la casa. ¿Qué se hace con esta basura?

- Se quema
- Se bota al río
- Se entierra
- Se bota a la calle
- Se lleva al botadero más cercano
- Otro: _____

¿Por qué crees que existen acumulaciones de basura en tu barrio o calle?

- No hay acumulaciones de basura en mi barrio o calle
- No lo sé
- Porque no pasan a recoger la basura
- Por culpa de la población.
- Otro: _____

¿Qué hace con las sobras de comida? ¿Se reaprovechan?

- Si
- No

¿Qué se hace en tu casa con las botellas (plástico y de vidrio), bolsas de plástico, latas, periódicos y cartones?

- Se botan
- Se queman
- Se regalan
- Se usan para poner basura
- Se venden
- Otro: _____

¿Cuál de los siguientes tiempos de recojo de la basura le parece bien?

- Todos los días
- 1 vez por semana
- Cada 2 días
- Cada 3 días
- Otro: _____

¿Está Usted satisfecho con el servicio de recojo de basura que recibe?

- Sí
- No

Si, su respuesta es NO ¿le interesaría tener un servicio de recojo de basura, realizado por una empresa privada?

- Sí
- No

¿Le interesaría tener el servicio de recojo de basura, a través de un servicio municipal mejorado?

- Sí
- No

¿Para el programa de recolección de residuos orgánicos que horario le parece el más adecuado?

- 6:00 am - 9:00 am
- 12:00 pm - 3:00 pm
- 9:00 pm - 00:00 am
- Otro: _____

Anexo 5. Validación de los instrumentos



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Hugo Camacho Zubizar Con DNI N° 41947380 Magister
 en GERENCIA DE OPERACIONES de
 profesión ING. INDUSTRIAL desempeñándome actualmente como
COORDINADOR DE ESCUELA DE I. I. en
UCV - FUND. PIURA

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Cuestionario.
- Guía de Observación.
- Formato de Traslado.
- Registro de Datos.
- Guía de Revisión Documentaria.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Cuestionario para los usuarios del servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

Guía de Observación para evaluar el sistema de recojo de residuos sólidos domiciliarios de distrito de La Brea - Negritos.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

Formato de Traslado.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

Guía de Revisión Documentaria.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

Registro de Datos	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 12 días del mes de Noviembre del Dos mil Diecinueve

Mgr. : HUGO DANIEL GARCIA JUÁREZ
DNI : 41947380
Especialidad : ING. HUGO GARCIA JUÁREZ
E-mail : hgarcia@ucv.edu.pe.



Hugo Daniel García Juárez
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP. 110495

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Gabriel Borrero Carrasco Con DNI N° 03664280 Magister en Adm. Negocios y Relaciones Internacionales, de profesión Ing. Industrial desempeñándome actualmente como Docente de tiempo completo en Escuela de Ing. Industrial UCV - Filial Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Cuestionario.
- Guía de Observación.
- Formato de Traslado.
- Registro de Datos.
- Guía de Revisión Documentaria.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Cuestionario para los usuarios del servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

Guía de Observación para evaluar el sistema de recojo de residuos sólidos domiciliarios de distrito de La Brea – Negritos.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			✓		
2. Objetividad			✓		
3. Actualidad			✓		
4. Organización			✓		
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia			✓		
8. Coherencia			✓		
9. Metodología			✓		

Formato de Traslado.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			✗		
2. Objetividad			✗		
3. Actualidad			✗		
4. Organización			✗		
5. Suficiencia			✗		
6. Intencionalidad			✗		
7. Consistencia			✗		
8. Coherencia			✗		
9. Metodología			✗		

Handwritten signature or mark.

Guía de Revisión Documentaria.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			+		
2. Objetividad			+		
3. Actualidad			+		
4. Organización			+		
5. Suficiencia			+		
6. Intencionalidad			+		
7. Consistencia			+		
8. Coherencia			+		
9. Metodología			+		

Registro de Datos	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			+		
2. Objetividad			+		
3. Actualidad			+		
4. Organización			+		
5. Suficiencia			+		
6. Intencionalidad			+		
7. Consistencia			+		
8. Coherencia			+		
9. Metodología			+		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 12 días del mes de Noviembre del Dos mil Diecinueve

Mgr. :
DNI :
Especialidad :
E-mail :


.....
Gabriel Ernesto Borrero Carrasco
Ingeniero Industrial
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 89222



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Maximo Javier Zevallos Viletes Con DNI N° 03839229 Magister en Administración y Dirección de Empresas, de profesión Ing. Industrial desempeñándome actualmente como Docente en Escuela Ing. Industrial - UCV Filial Piura

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Cuestionario.
- Guía de Observación.
- Formato de Traslado.
- Registro de Datos.
- Guía de Revisión Documentaria.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Cuestionario para los usuarios del servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			✓		
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Sufficiencia			✓		
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología			✓		

Guía de Observación para evaluar el sistema de recojo de residuos sólidos domiciliarios de distrito de La Brea – Negritos.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			✓		
2. Objetividad				/	
3. Actualidad				/	
4. Organización				/	
5. Suficiencia			/		
6. Intencionalidad				/	
7. Consistencia				/	
8. Coherencia				/	
9. Metodología				/	

Formato de Traslado.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			/		
2. Objetividad			/		
3. Actualidad				/	
4. Organización				/	
5. Suficiencia				/	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				/	
8. Coherencia			✓		
9. Metodología				/	

Guía de Revisión Documentaria.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			/		
2. Objetividad				/	
3. Actualidad				/	
4. Organización				/	
5. Suficiencia				/	
6. Intencionalidad			/		
7. Consistencia				/	
8. Coherencia				/	
9. Metodología				/	

Registro de Datos	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			/		
2. Objetividad				/	
3. Actualidad				/	
4. Organización				/	
5. Suficiencia			/		
6. Intencionalidad				/	
7. Consistencia				/	
8. Coherencia				/	
9. Metodología			/		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 12 días del mes de Noviembre del Dos mil Diecinueve

Mgtr. : *Maximo Javier Zevallos Vilchez*
DNI : 03839229
Especialidad : *Ing. Industrial*
E-mail : *mzevallosv@ucv.edu.pe*


Ing. *Maximo Javier Zevallos Vilchez*
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP N° 38439

Anexo 6. Propuesta

Propuesta

Identificación del Problema a resolver

Aspectos Generales, a) Localización Geográfica: El distrito La Brea se encuentra ubicado en la provincia de Talara, en el departamento de Piura en la actual Región Grau. Su capital es la ciudad de Negritos, que se ubica a 04 °39' 00" de Latitud sur y 81° 17' 56" de Longitud Oeste.

Los límites del distrito La Brea son por el Norte con el distrito de Pariñas, por el sur con las provincias de Paita (distritos de Vichayal, Tamarindo y Amotape) y con la provincia de Sullana (distrito de Ignacio Escudero), por el Este: Con la provincia de Sullana (Distrito de Marcavelica).y por el Oeste: Con el Mar de Grau (Océano Pacífico). (Municipalidad Distrital de La Brea - Negritos, 2017)

Las principales características socio-económicas muestran principalmente datos acerca de la Población en el año 2017 en la Brea- Negritos, la Población Económicamente activa (PEA), la integran personas de 15 a más años de edad; lo conformaban 8,815 habitantes, cifra que presentaba el 70.59 % de la población distrital. En lo concerniente a la Población Económicamente Activa. Según el Censo del año 2017, la PEA ocupada estaba integrada por 3,671 habitantes y la PEA desocupada por 5,144 habitantes (41.64% y 58.36% de la PEA distrital, respectivamente). Si comparamos las cifras de la PEA ocupada con la población del distrito que en el 2017 estaba en edad de trabajar (8,815 personas), se tiene que en aquel entonces trabajaban 4 de cada 10 personas en capacidad de hacerlo. En diciembre de 1998, vemos que solo trabaja 2 de cada 10 personas. También es relevante la diferencia entre la PEA ocupada masculina y la femenina. La PEA ocupada masculina en el distrito es casi tres veces mayor que la PEA femenina (73.99 % y el 26.01% respectivamente). (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

La propuesta presenta como meta: Lograr la optimización de microrutas para mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios en los domicilios del distrito de la brea - Negritos, 2019. El problema que busca solucionar es: ¿Cómo mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios mediante una propuesta de optimización de microrutas para el distrito de La Brea - Negritos, 2019?

Objetivos de la propuesta, Objetivo General: Elaborar una propuesta de optimización de microrutas para mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios en los domicilios del distrito de la brea - Negritos, 2019.

El establecimiento de la estrategia de solución, parte de una sectorización, la empresa no cuenta con sistema de rutas, para realizar el servicio. En este caso el distrito se encuentra dividido en sectores, nos centraremos en los 4 sectores los que a su vez se dividirán en dos rutas, para que esta manera facilite y guíe el recojo de los residuos sólidos.

Tabla 1. Cálculo de Capacidad por sector

Sector de Servicio	Cantidad de Predios	Peso de RRSS KG./Predio-Día	Generados	Peso Total RRSS KG/Día	% Ponderación
Sector 1	1180	1.30		1,534	23.31
Sector 2	901	2.00		1,802	27.38
Sector 3	814	3.90		3,174.6	48.24
Sector 4	20	3.50		70	1.06
Total	2915			6580.6	100.00

Fuente: Elaboración Propia

El modelado de Microrutas actuales, presentan las dos microrutas que vienen siendo ejecutadas en el distrito, tanto para el sector norte como sur, en esta investigación se proponen dos rutas por cada sector, debe señalarse que el número de rutas propuestas es acorde a la infraestructura vial del distrito, el cual actualmente no cuenta con un gran número de avenidas o calles adecuadas para el tránsito de la compactadora.

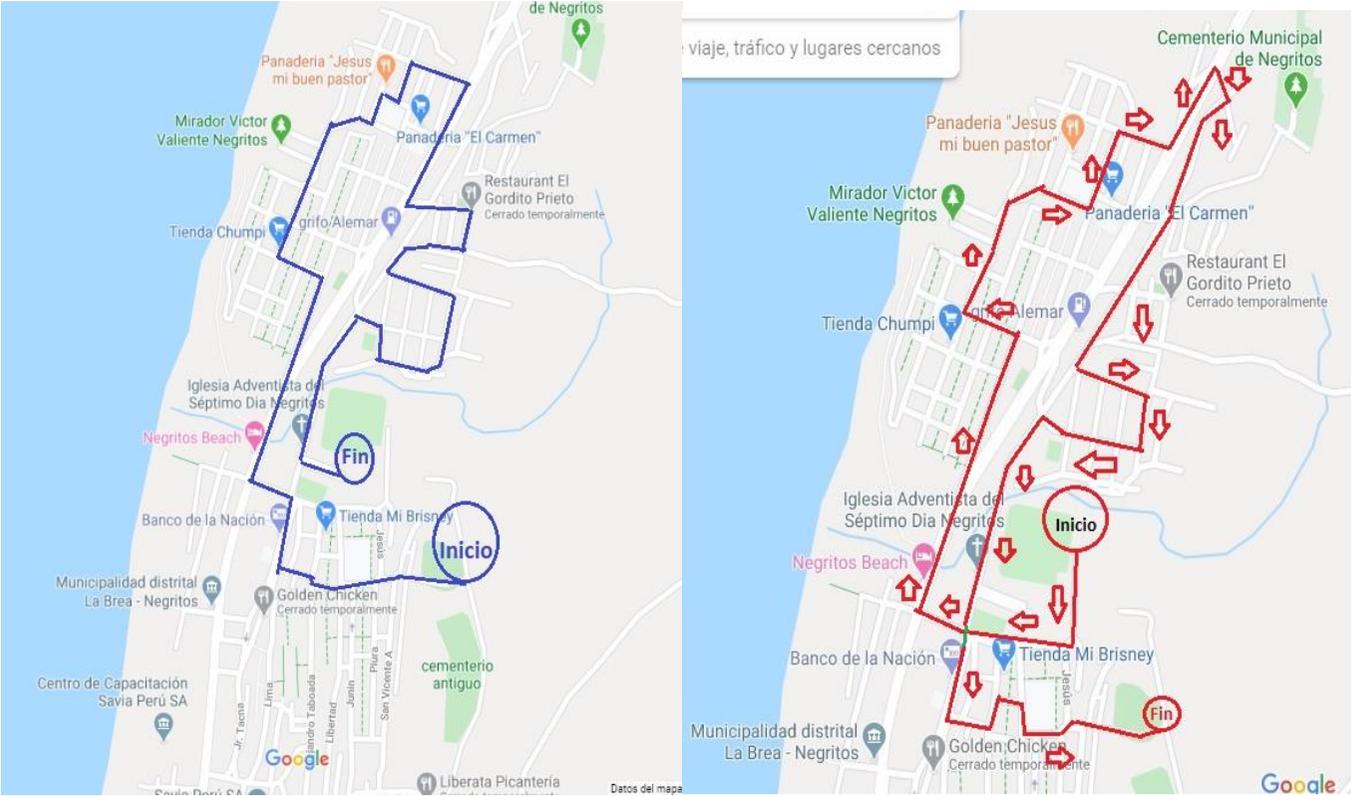


Figura 1. Microruta Negritos Norte Actual vs Microruta Negritos Norte 1 (Propuesta)

Fuente: Elaboración Propia

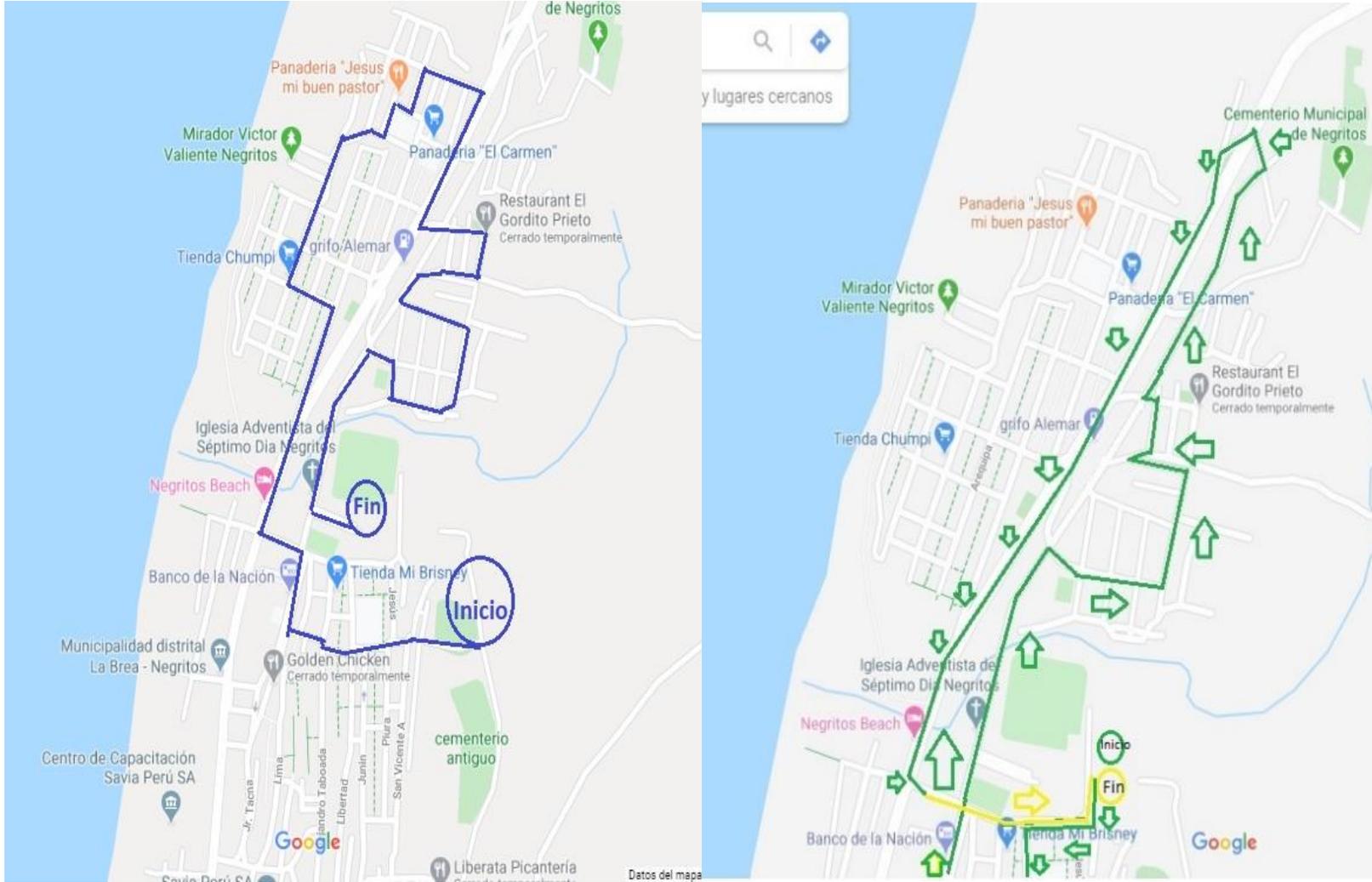


Figura 2. Microruta Negritos Norte Actual vs Microruta Negritos Norte 2 (Propuesta)

Fuente: Elaboración Propia

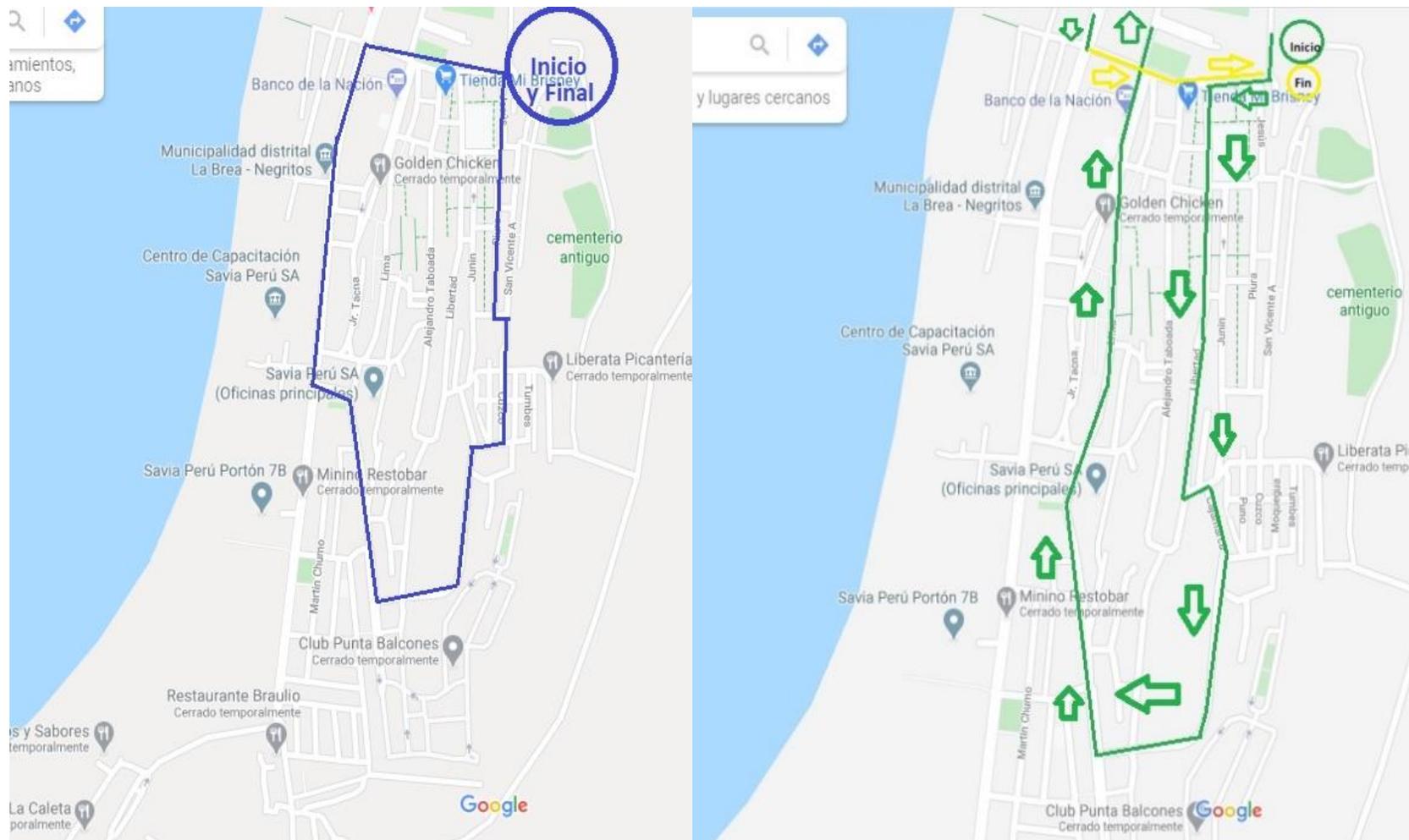


Figura 4. Microruta Negritos Sur vs Microruta Negritos Sur 2 (Propuesta)

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presenta el cumplimiento del Objetivo específico N°2: Construir el Modelo de Optimización de microrutas. Para construir la fórmula objetivo para el modelo de optimización, se tomará como base el Método del Agente Viajero TSP utilizando el Programa GRAFOS. Palmer (2016) muestra que un modelo de optimización genera rutas óptimas minimizando las distancias entre los nodos, estas distancias son a su vez su función objetivo dado que el camión recorre todos los sectores en un día.

Para la recolección de los residuos en los sectores se considera que lo más recomendable es realizar la recolección bajo el método de puntos fijos; sirviendo de enlace de los puntos de alcance al recorrido; depositando los residuos evitando con ello que se almacenen los residuos temporalmente y ocupando la capacidad total del vehículo. Primero se representará el modelo del servicio en forma de red de nodos, donde cada nodo representará una esquina o la intersección de las calles o una parada prolongada para continuar a otro punto de manera directa, voltear a la izquierda o derecha, o voltear en U. (Taha, 2018).

Winston (2015) indica que la fórmula objetivo necesita multiplicar las veces que se utiliza cada arco por una constante asociada al costo del arco. Esta constante se define en base al tipo de recorrido del vehículo. Este es a velocidad baja y constante, por tal motivo, tomando en cuenta las características de un vehículo común, el gasto en gasolina y por ende los costos asociados dependerán directamente de la distancia recorrida. La distancia recorrida será la constante asociada.

Las aristas representan una cuadra de una calle determinada por dos nodos, con la siguiente información: a) Distancia. Longitud de la calle o avenida, b) Sentido de la calle o avenida. Unidireccional (un sentido) o Bidireccional (doble sentido). c) Estado de la cuadra. Habilitada (se puede transitar) o Inhabilitada (no se puede transitar) y d) Carga. Cantidad estimada de basura por cuadra. (Flintoff, 2015).

Modelo (Microrruta Propuesta Negritos Norte 1)

Variables de Decisión:

$$X_{ij} = \text{Distancia entre el nodo } i \text{ y el nodo } j$$

Función Objetivo:

$$\text{Minimizar } Z = 180X_{0,1} + 180 X_{1,0} + 300 X_{1,2} + 300 X_{2,1} + 560 X_{3,2} + 560 X_{2,3} + \dots + 50 X_{20,19} + 50 X_{19,20} + 60 X_{21,20} + 60 X_{20,21}.$$

Sujeto a:

$$\text{Nodo 0: } X_{0,1} + X_{1,0} = 1$$

$$\text{Nodo 1: } X_{1,2} + X_{2,1} = 1$$

$$\text{Nodo 2: } X_{2,3} + X_{3,2} = 1$$

.....

.....

$$\text{Nodo 20: } X_{20,19} + X_{19,20} = 1$$

$$\text{Nodo 21: } X_{21,20} + X_{20,21} = 1$$

$$X_{i,j} = 0,1$$

Modelo (Microrruta Propuesta Negritos Norte 2)

Variables de Decisión:

$$X_{ij} = \text{Distancia entre el nodo } i \text{ y el nodo } j$$

Función Objetivo:

$$\text{Minimizar } Z = 80X_{0,1} + 80 X_{1,0} + 320 X_{1,2} + 320 X_{2,1} + 960 X_{3,2} + 960 X_{2,3} + \dots + 240 X_{16,15} + 240 X_{15,16} + 80 X_{16,17} + 80 X_{17,16}.$$

Sujeto a:

$$\text{Nodo 0: } X_{0,1} + X_{1,0} = 1$$

$$\text{Nodo 1: } X_{1,2} + X_{2,1} = 1$$

$$\text{Nodo 2: } X_{2,3} + X_{3,2} = 1$$

.....

.....

$$\text{Nodo 16: } X_{16,15} + X_{15,16} = 1$$

$$\text{Nodo 17: } X_{16,17} + X_{17,16} = 1$$

$$X_{i,j} = 0,1$$

Modelo (Microrruta Propuesta Negritos Sur 1)

Variables de Decisión:

$$X_{ij} = \text{Distancia entre el nodo } i \text{ y el nodo } j$$

Función Objetivo:

$$\text{Minimizar } Z = 175X_{0,1} + 175 X_{1,0} + 50 X_{1,2} + 50 X_{2,1} + 100 X_{3,2} + 100 X_{2,3} + \dots + 100 X_{13,12} + 100 X_{12,13} + 200 X_{14,13} + 180 X_{13,14}.$$

Sujeto a:

$$\text{Nodo 0: } X_{0,1} + X_{1,0} = 1$$

$$\text{Nodo 1: } X_{1,2} + X_{2,1} = 1$$

$$\text{Nodo 2: } X_{2,3} + X_{3,2} = 1$$

.....

.....

$$\text{Nodo 13: } X_{12,13} + X_{13,12} = 1$$

$$\text{Nodo 14: } X_{13,14} + X_{14,13} = 1$$

$$X_{i,j} = 0,1$$

Modelo (Microrruta Propuesta Negritos Sur 2)

Variables de Decisión:

$$X_{ij} = \text{Distancia entre el nodo } i \text{ y el nodo } j$$

Función Objetivo:

$$\text{Minimizar } Z = 120X_{2,1} + 120 X_{1,2} + 680 X_{3,2} + 680 X_{2,3} + 80 X_{4,3} + 80 X_{3,4} + \dots + 800 X_{8,7} + 800 X_{7,8} + 240 X_{9,8} + 2400 X_{8,9}.$$

Sujeto a:

$$\text{Nodo 1: } X_{2,1} + X_{1,2} = 1$$

$$\text{Nodo 2: } X_{3,2} + X_{2,3} = 1$$

$$\text{Nodo 3: } X_{4,3} + X_{3,4} = 1$$

.....

.....

$$\text{Nodo 8: } X_{8,7} + X_{7,8} = 1$$

$$\text{Nodo 9: } X_{9,8} + X_{8,9} = 1$$

$$X_{i,j} = 1,2$$

Objetivo específico N°3: Simular el modelo de optimización de microrutas., se da inicio con la simulación Microruta Propuesta Negritos Norte 1. En esta investigación la simulación de las microrutas emplearán el algoritmo de Bellman-Ford.

El algoritmo de Bellman – Ford es comúnmente empleado para efectos de optimización, este algoritmo genera el camino más corto posible en un grafo determinado, el algoritmo detecta el coste de cada distancia entre los nodos, encontrando el coste del camino al sumar las distancias de los arcos calculados desde el nodo de origen (inicio) hasta el nodo final. (Cox, 2016)

Simulación Microruta Propuesta Negritos Norte 1

CAMINO MÍNIMO - ALGORITMO DE BELLMAN-FORD

Tiempo de proceso = 0 segundos

Arcos calculados desde el nodo origen (0) hasta el nodo destino (21):

* 0 ----(180)----> 1	* 11 ----(600)----> 12
* 1 ----(300)----> 2	* 12 ----(140)----> 13
* 2 ----(560)----> 3	* 13 ----(100)----> 14
* 3 ----(100)----> 4	* 14 ----(200)----> 15
* 4 ----(230)----> 5	* 15 ----(600)----> 16
* 5 ----(70)----> 6	* 16 ----(80)----> 17
* 6 ----(90)----> 7	* 17 ----(70)----> 18
* 7 ----(160)----> 8	* 18 ----(50)----> 19
* 8 ----(100)----> 9	* 19 ----(50)----> 20
* 9 ----(180)----> 10	* 20 ----(60)----> 21
* 10 ----(70)----> 11	

Coste total = 3.990 km

En la página siguiente se presenta la matriz de arcos con coste mínimo, esta matriz se define como aquella que muestra el nodo más óptimo dentro de un grafo, dicho nodo óptimo (el que muestre el costo mínimo) será identificado con el valor de 1 (Edmonds, 2016).

Matriz de Arcos con coste mínimo:

N1\N2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

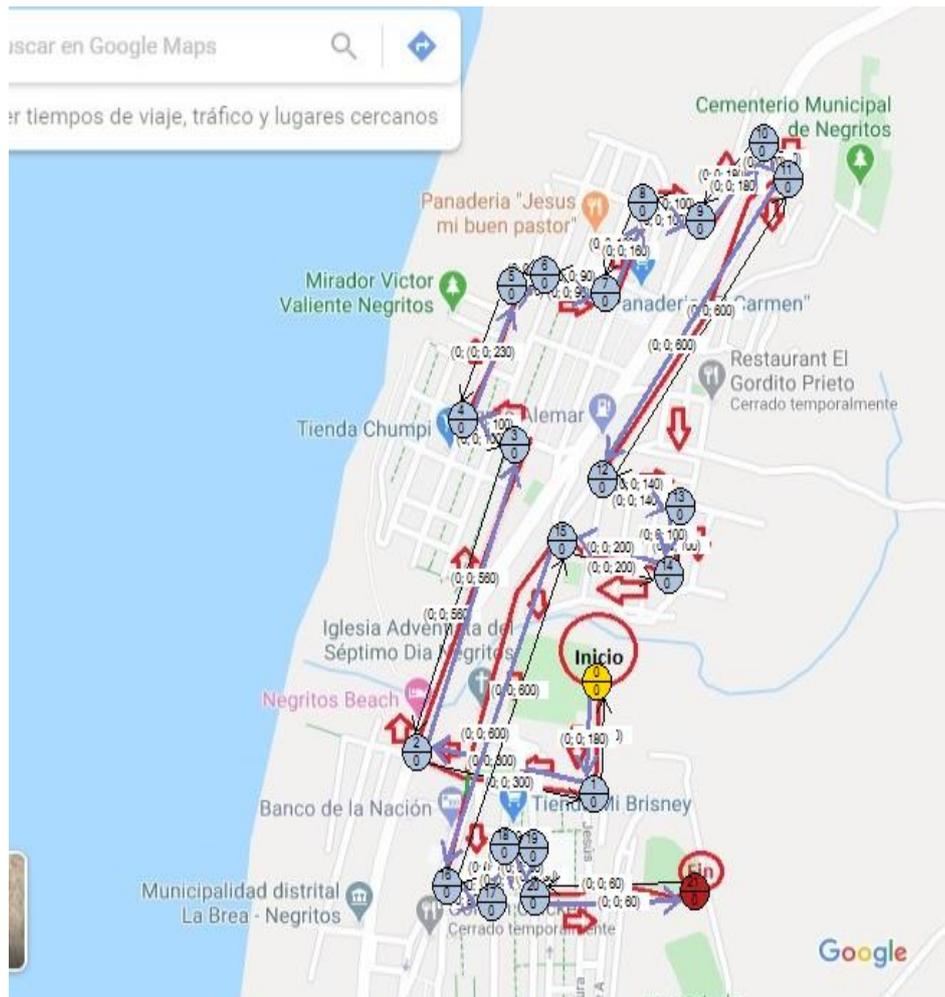


Figura 5. Simulación Microruta Propuesta Negritos Norte 1 (3.990 km)

Fuente: Elaboración Propia

La primera simulación de microruta propuesta pertenece al sector norte del distrito, en aras de facilitar el análisis será esta microruta tendrá el nombre de microruta "Negritos Norte 1", tiene una extensión de 3.990 km, inicia en la calle Buenos Aires, siguiendo por el jirón Bolognesi, girando hacia el norte tomando la Avenida Loreto, jirón Ayacucho, Av. W. Herrera, jirón Apurimac, calle Concha , jirón Ancash , transversal Unión, Av. Loreto, AH. 1 de Julio y Av. Alfonso Ugarte.

Simulación Microruta Propuesta Negritos Norte 2

CAMINO MÍNIMO - ALGORITMO DE BELLMAN-FORD

Tiempo de proceso = 0 segundos

Arcos calculados desde el nodo origen (0) hasta el nodo destino (17):

- * 0 ----(80)----> 1
- * 1 ----(320)----> 2
- * 2 ----(960)----> 3
- * 3 ----(60)----> 4
- * 4 ----(80)----> 5
- * 5 ----(80)----> 6
- * 6 ----(400)----> 7
- * 7 ----(24)----> 8
- * 8 ----(80)----> 9
- * 9 ----(40)----> 10
- * 10 ----(120)----> 11
- * 11 ----(160)----> 12
- * 12 ----(160)----> 13
- * 13 ----(80)----> 14
- * 14 ----(520)----> 15
- * 15 ----(240)----> 16
- * 16 ----(80)----> 17

Coste total = 3.484 kms

Matriz de Arcos con coste mínimo:

N1\N2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

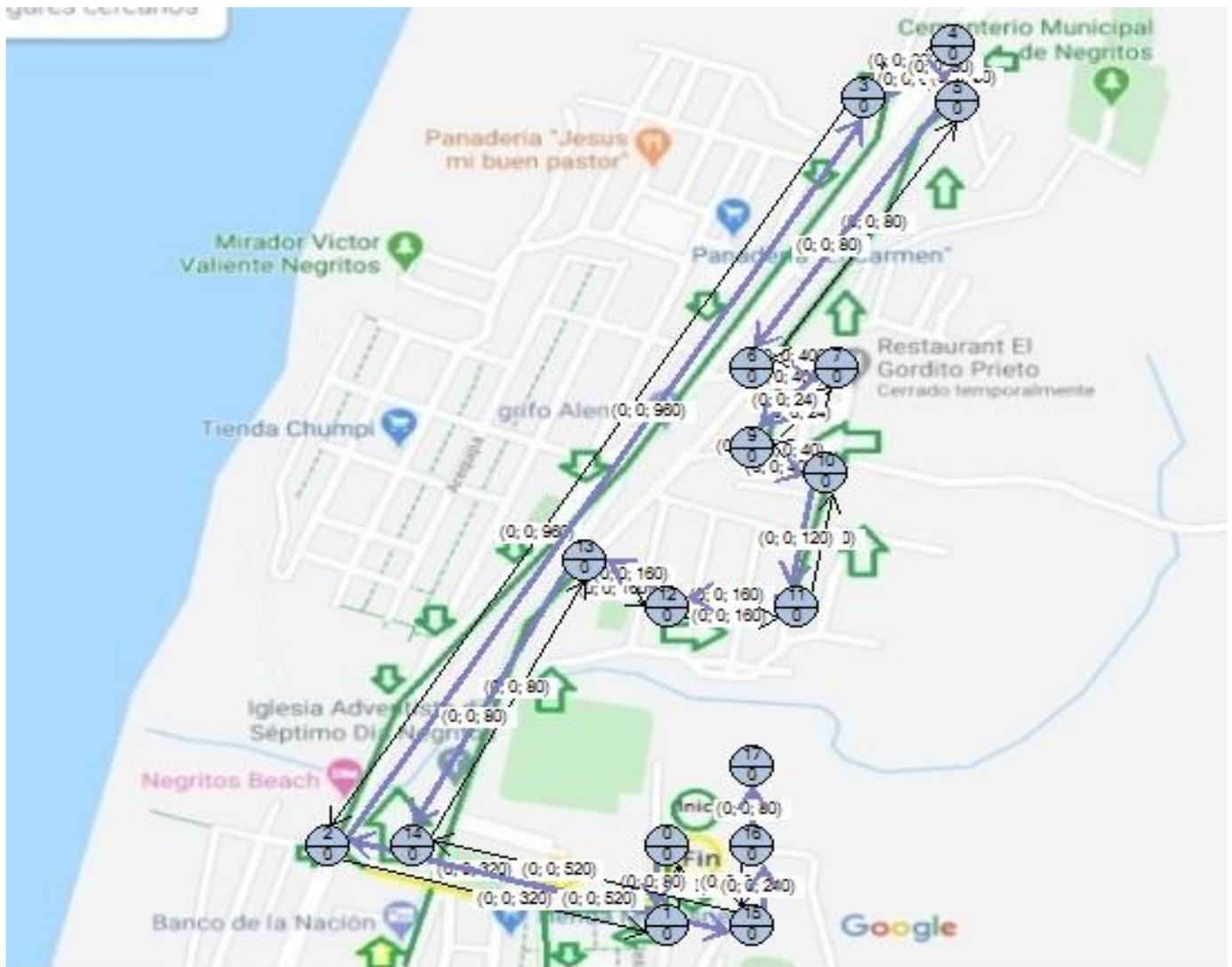


Figura 6. Simulación Microruta Propuesta Negritos Norte 2 (3.484 km)

Fuente: Elaboración Propia

Como puede observarse la siguiente simulación corresponde a la microruta Negritos Norte 2, empieza desde la calle Buenos Aires, calle Bolognesi, Av. Loreto, 1° de Junio, 1° de Julio, Prologación Grau, Jr. Los Ceibos, Jr. Manuel Seoane, Jr. María Parado de Bellido, Prolongación Grau, Jirón Bolognesi hasta su intersección con la calle Buenos Aires nuevamente.

Simulación Microruta Propuesta Negritos Sur 1

CAMINO MÍNIMO - ALGORITMO DE BELLMAN-FORD

Tiempo de proceso = 0 segundos

Arcos calculados desde el nodo origen (0) hasta el nodo destino (14):

* 0 ----(175)---> 1

* 1 ----(50)---> 2

* 2 ----(100)---> 3

* 3 ----(10)---> 4

* 4 ----(25)---> 5

* 5 ----(25)---> 6

* 6 ----(25)---> 7

* 7 ----(50)---> 8

* 8 ----(50)---> 9

* 9 ----(700)---> 10

* 10 ----(50)---> 11

* 11 ----(575)---> 12

* 12 ----(100)---> 13

* 13 ----(200)---> 14

Coste total = 2.135 kms

Matriz de arcos con coste mínimo:

N1\N2\0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

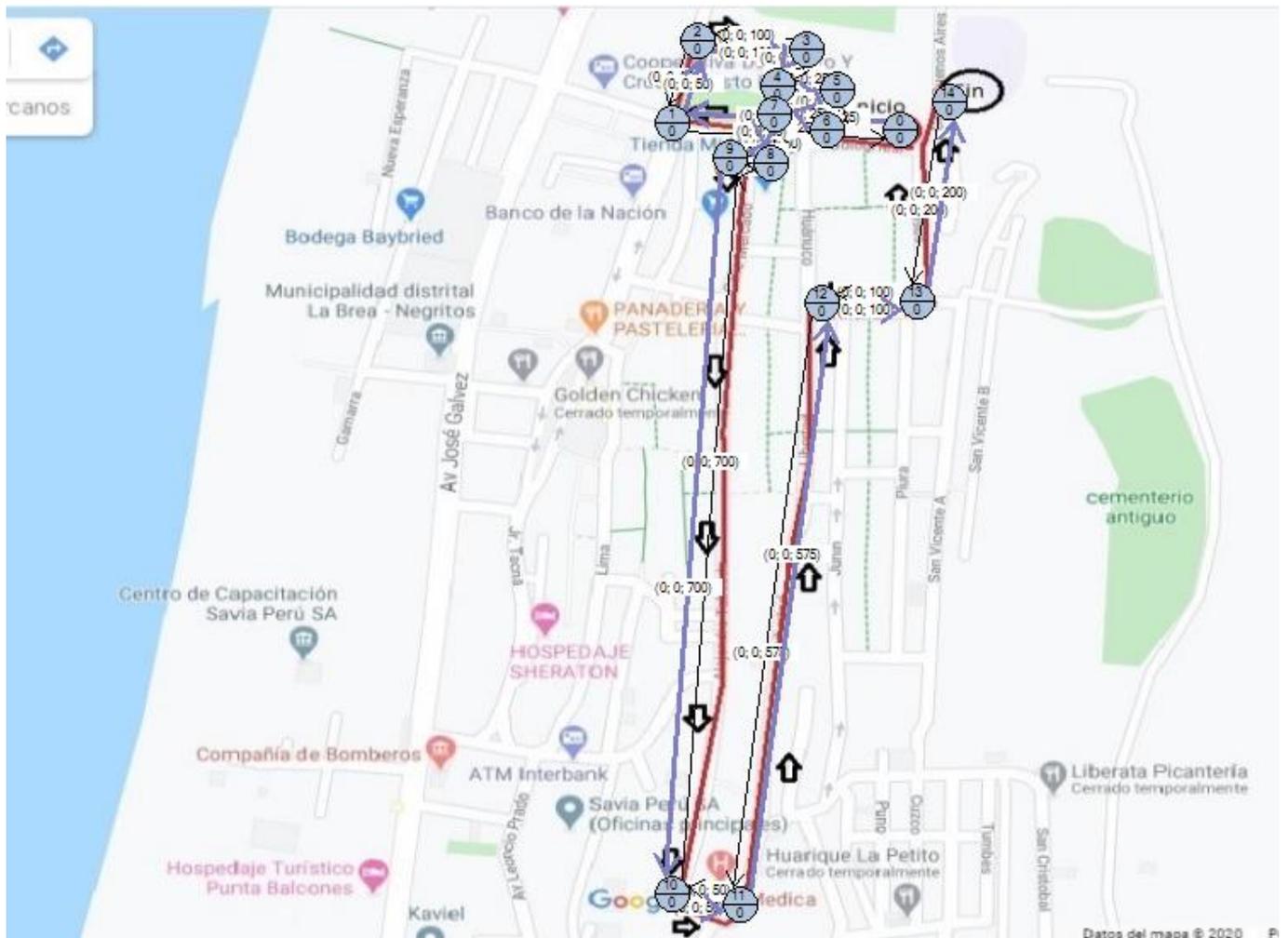


Figura 7. Simulación Microrruta Propuesta Negritos Sur 1 (2.135 km)

Fuente: Elaboración Propia

La simulación de la microrruta en el sector sur de la ciudad , da inicio con la simulación de la propuesta de microrruta sur 1, iniciándose en el jirón Bolognesi, Prolongación Grau, jirón Ricardo Palma, calle mercado , calle Alejandro Taboada hasta bordear la posta médica, jirón Libertad, jirón Alfonso Ugarte, jirón Jesús hasa retomar el jirón Bolognesis intersección con la calle Buenos Aires.

Simulación Microruta Propuesta Negritos Sur 2

CAMINO MÍNIMO - ALGORITMO DE BELLMAN-FORD

Tiempo de proceso = 0 segundos

Arcos calculados desde el nodo origen (1) hasta el nodo destino (9):

- * 1 ----(120)----> 2
- * 2 ----(680)----> 3
- * 3 ----(80)----> 4
- * 4 ----(400)----> 5
- * 5 ----(200)----> 6
- * 6 ----(400)----> 7
- * 7 ----(800)----> 8
- * 8 ----(240)----> 9

Coste total = 2.920 kms

Matriz de Arcos con coste mínimo:

N1\N2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

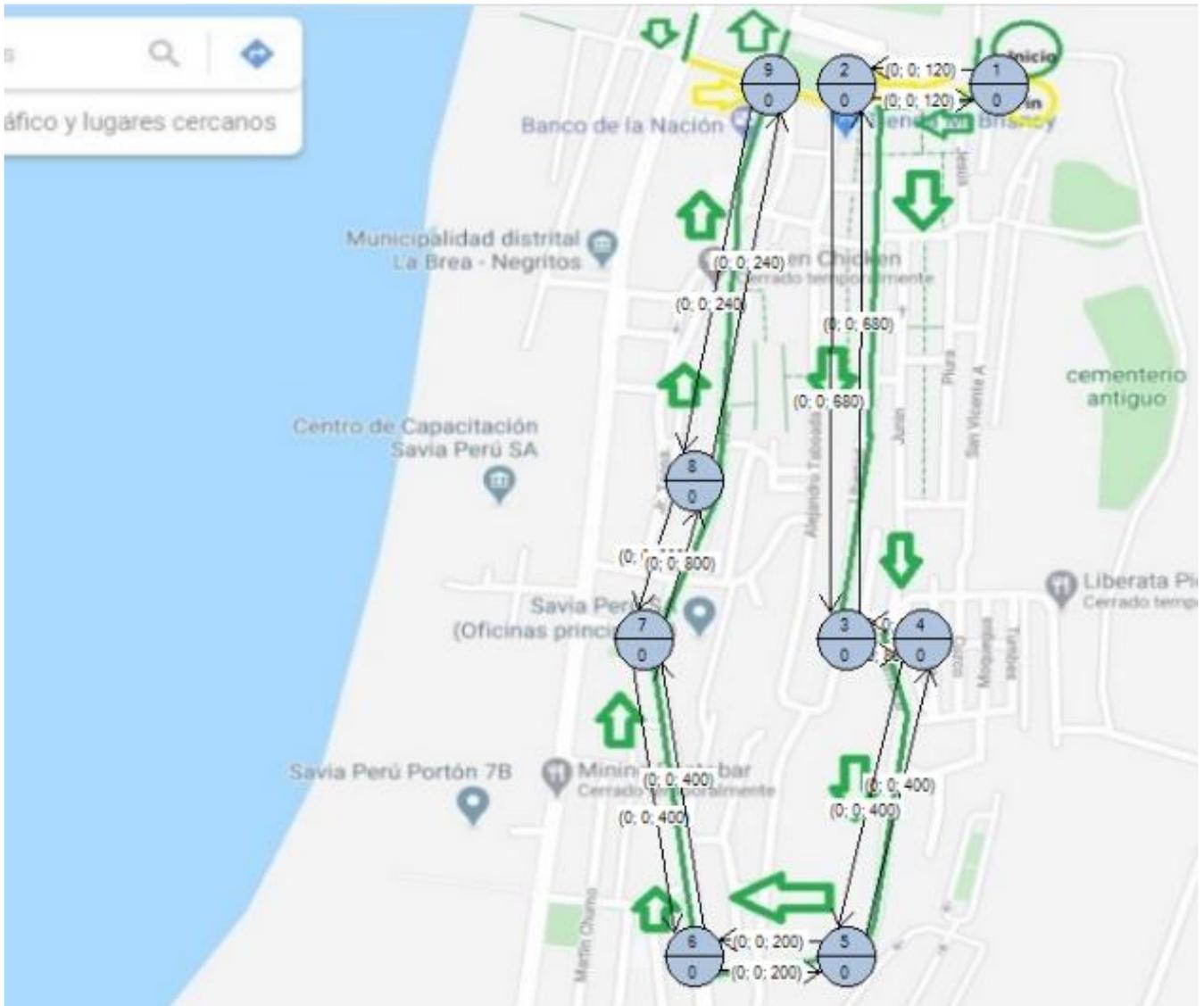


Figura 8. Simulación Microruta Propuesta Negritos Sur 2 (2.920 km)

Fuente: Elaboración Propia.

La segunda y última simulación corresponde a la simulación de la microruta propuesta Negritos Sur 2, inicia desde Jirón Bolognesi intersección con calle Buenos Aires, jirón Huánuco, jirón Libertad, transversal que une el Jirón Libertad y el jirón Cajamarca, jirón Cajamarca, Av. Leoncio Prado, jirón Lima y finalmente Av. Grau finalizando la recolección en la intersección con el jirón Bolognesi.

La matriz de caminos empleada en este trabajo de investigación indica si existe camino entre un par de nodos del grafo, sin embargo, no dice nada acerca del coste de dicho camino. El camino mínimo entre todos los pares de nodos del grafo se calculará mediante el Algoritmo de Bellman-ford. Es una generalización del algoritmo de Warshall. (Environmental Protection Agency, 2016).

El cumplimiento del Objetivo específico N°4: Evaluar el Modelo de Optimización de microrutas.se presenta a continuación, en la tabla N° 2 se observa la distancia de la microruta actual, la propuesta 1 y la propuesta 2, se puede apreciar que la propuesta norte 2 es aquella que tiene menor kilometraje, por ende será la elegida para sustituir a la microruta actual en una eventual implementación que permita mejorar el proceso de recolección de residuos sólidos domiciliarios en la zona norte del distrito de La Brea – Negritos.

Tabla 2. Microrutas Norte

Microruta	Actual	Propuesta Norte 1	Propuesta Norte 2
Distancia	4.7 km	3.990 km	3.484 km

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 3 se aprecia la distancia de la microruta actual, la propuesta 1 y la propuesta 2, se puede observar que la propuesta sur 1 es aquella que tiene menor kilometraje, por ende será la elegida para sustituir a la microruta actual en una eventual implementación que permita mejorar el proceso de recolección de residuos sólidos domiciliarios en la zona norte del distrito de La Brea – Negritos.

Tabla 3. Microrutas Sur

Microruta	Actual	Propuesta Sur 1	Propuesta Sur 2
Distancia	3.5 km	2.135 km	2.920 km

Fuente: Elaboración Propia

Dichas alternativas elegidas no solo representaran una menor cantidad de kilómetros recorridos, sino también una mayor tasa de cobertura, una mayor distancia productiva del sector, un menor gasto de combustible, etc.

La propuesta también contempla la elaboración de un check list que será manejado por el coordinador del área (o la persona que este designe), el check list es un formato que trata acerca de cinco puntos específicos (para este caso) con el objetivo de identificar en que puntos se tienen mayores dificultades.

A cada uno de los ítems fue asignada una puntuación de dos puntos ya sea en caso de cumplimiento y cero puntos en caso de incumplimiento, para obtener datos cualitativos de los resultados se estableció la siguiente escala de valoración:

Tabla 4. Escala de valoración del check list

Rango (%)	Valoración
0-50	Critico
51-60	Regular
61-70	Debajo de la meta
71-80	En la meta
81-90	Sobre la meta
91-100	Exitoso

Fuente: Elaboración Propia

La revisión de los check list consistió en marcar con una “x” en la casilla “si” o en la casilla “no” de acuerdo al ítem evaluado. El check list se desarrollará con el permiso de las autoridades competentes a las personas responsables de las áreas pertinentes.

Las “x” se colocaron en base a documentación existente en el área evaluada y conforme a lo observado. Si la mayoría de “x” se encuentra en la casilla “si”, esto representará una óptima puntuación, de lo contrario se representarán resultados no favorables.

Tabla 5. Check list de recolección de residuos sólidos domiciliarios

A. Compactadora (8 puntos)		Si	No	Observaciones
1	Se garantiza disponibilidad de la compactadora en el tiempo requerido .			
2	Se garantiza disponibilidad de la compactadora en la forma requerida.			
3	Se planifican los mantenimientos.			
4	Se cumple con los mantenimientos planificados.			
TOTAL				
PORCENTAJE				
B. Personal (22 puntos)		Si	No	Observaciones
1	El personal usa correctamente sus equipos de protección.			
2	El personal presenta buenos hábitos de postura.			
3	Los problemas personales afecta el trabajo del personal.			
4	El personal capta rápidamente.			
5	Se cuenta con el personal suficiente para cumplir con el servicio.			
6	El personal esta capacitado para seleccionar los residuos solidos domiciliarios.			
7	El personal conoce el funcionamiento mecánico del equipo asignado.			
9	El personal esta conforme con el equipo asignado.			
10	El personal demuestra agilidad para llevar a cabo el servicio adecuadamente.			
11	El personal cumple con las tareas relacionadas a su puntos de trabajo.			
TOTAL				
PORCENTAJE				
C. Motivación (12 puntos)		Si	No	Observaciones
1	El personal se siente motivado en su área.			
2	Existe compañerismo en el personal.			
3	El personal se siente conforme en el área de trabajo.			
4	Existe buena comunicación con el coordinador del área.			
5	El personal demuestra disposición al trabajo asignado			
6	Se estimulan al buen trabajador.			
TOTAL				
PORCENTAJE				
D. Equipos máquinas y herramientas (8 puntos)		Si	No	Observaciones
1	Son óptimas las condiciones de los equipos/máquinas/herramientas.			
2	Se adapta el operario al equipo.			
3	Las herramientas se utilizan de forma correcta.			
4	Los equipos se encuentran limpios y sanitizados.			
TOTAL				
PORCENTAJE				
E. Exposición (14 puntos)		Si	No	Observaciones
1	Se presenta excesiva exposición al ruido			
2	Se presenta excesiva exposición al calor			
3	Se presenta excesiva exposición a las vibraciones			
4	Se presenta excesiva exposición a producción que emite olores asfixiantes			
5	Se presenta excesiva exposición a accidentes por golpes			
6	Se presenta excesiva exposición a accidentes que puedan afectar piel y ojos			
7	Se presenta excesiva exposición a la altura.			
TOTAL				
PORCENTAJE				
PUNTAJE GENERAL				
PORCENTAJE GENERAL				

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N°6, muestra el formato de traslado tras una eventual implementación, esta tabla muestra datos propuestos. Se propone que el servicio de recolección de residuos sólidos se realice tanto para la ruta norte como sur a doble turno, el primero turno será de 06:00 am – 09:00 am y el siguiente turno será de 09:00 pm – 00:00 am. Se considerarán tres choferes (a diferencia de los cuatro que actualmente se emplean), dos choferes a dedicación a tiempo completo, en caso uno de los dos choferes principales no se encuentre disponible para realizar sus labores, se recurrirá a un integrante del personal para que cubra su puesto de manera temporal. El servicio tendrá más cobertura, dado que se atenderá a una mayor cantidad de domicilios, por ende se recogerá mayor cantidad de residuos sólidos domiciliarios, proyectando una recolección de 8.1 toneladas diarias en promedio, la reducción en distancias de microrutas traerá como consecuencia un menor consumo de galones de combustible, proyectándose un gasto promedio de 4 galones diarios (28 galones semanales).

Tabla 6. Formato de traslado de la implementación (Propuesto)

Responsable	Hora Inicio	Hora Fin	Toneladas diarias	Gasto en Combustible	Km recorridos diarios /Sector	Tiempo	Observación
Chofer	06:00 am	09:00 am	8.1	28 galones (4 galones por día)	3.484 km sector norte	6 horas	2 horas dedicadas en el quemadero (09:00 am-10:00am) y (00:00 am – 01:00 am)
	09:00 pm	00:00 am			2.135 km sector sur		

En la tabla N° 7 se hace una comparación de los datos actuales con los datos proyectados tras una eventual implementación de la propuesta, entre las mejoras más destacadas pueden apreciarse una reducción en el gasto de combustible (se ahorró S/ 350.00), una reducción en el consumo de galones de combustible al mes (28 galones menos), un aumento en la cantidad total de toneladas recolectadas (se recolectarán 69 toneladas más que antes de implementarse la propuesta) y finalmente habrá una pequeña reducción en el gasto de personal (ahorro de S/ 2200.00).

Tabla 7. Registro de Datos (Actuales vs Proyectados)

Micro ruta : Micro ruta norte y sur		
	Actual	Proyectado
Frecuencia (Número de días por semana):	7	7
Gasto en combustible (mensual):	S/. 1750.00	S/. 1400.00
Galones de Combustible (mensual) :	140	112
Total de Toneladas (mensual) :	174	243
Gasto de personal (mensual) :	S/ 27720.00	S/ 25520.00

Como puede observarse en la tabla N° 8, se hace una comparación entre los valores de los indicadores de eficiencia actuales con los proyectados tras una eventual implementación de la propuesta. Se puede apreciar una mejora en los indicadores, siendo lo más notorio la mejora de los indicadores de rendimiento de gasto de combustible por tonelada, el rendimiento de kilómetros recorridos por tonelada, el aumento de la tasa de cobertura y del tiempo de recorrido total.

Tabla 8. Indicadores de eficiencia actuales vs proyectados

Indicador	Valor Actual	Valor Proyectado
Frecuencia de Recolección.	7	7
Rendimiento Gasto Combustible por Tonelada.	0.09	0.17
Rendimiento Gasto en Personal por Tonelada.	0.006	0.009
Rendimiento kilómetros recorridos por tonelada.	0.71	1.44
Rendimientos galones de combustible por horas trabajadas.	0.06	0.07
Tasa de Coberturas	40% (1166 dom.)	65 % (1895 dom.)
Cantidad de rutas	2	2
Tiempo de recorrido total*	0.82	0.56
Distancia productiva por sector	0.2	0.5

* Se asume 10km/h la velocidad promedio de la compactadora

Anexo 7. Conversiones de longitud de escala

Las escalas que se utilizan en los planos y los mapas son un caso particular de proporcionalidad. Se puede mencionar que las medidas en el plano y en la realidad son proporcionales, hay una razón entre ellas que se denomina escala, el tipo de escala empleada en la investigación es la escala gráfica, esta es una línea situada en el mapa que indica las longitudes sobre el mapa de las medidas reales. Son muy útiles porque es posible medir la distancia real directamente sobre el mapa con la ayuda de una regla o un compás.

En esta investigación se empleó un convertidor de longitud de escala en línea que calcula la longitud real y la longitud de escala según la relación de escala. la escala ha sido establecido por el nivel de zoom del mapa proporcionado por Google Maps (1:200 en este caso) , esta conversión permitirá comprender más fácilmente el proceso de cálculo y el resultado.

a) Conversión longitud de escala, simulación microrruta norte 1

Nodo inicio	Longitud real metros	Longitud de la escala (mm)	Nodo final
0	180	900	1
1	300	1500	2
2	560	2800	3
3	100	500	4
4	230	1150	5
5	70	350	6
6	90	450	7
7	160	800	8
8	100	500	9
9	180	900	10
10	70	350	11
11	600	3000	12
12	140	700	13
13	100	500	14
14	200	1000	15
15	600	3000	16
16	80	400	17
17	70	350	18
18	50	250	19
19	50	250	20
20	60	300	21

b) Conversión longitud de escala , simulación microruta norte 2

Nodo inicio	Longitud real (mtrs)	Longitud de la escala (mm)	Nodo final
0	80	400	1
1	320	1600	2
2	960	4800	3
3	60	300	4
4	80	400	5
5	80	400	6
6	400	2000	7
7	24	120	8
8	80	400	9
9	40	200	10
10	120	600	11
11	160	800	12
12	160	800	13
13	80	400	14
14	520	2600	15
15	240	1200	16
16	80	400	17

c) Conversión longitud de escala, simulación microruta sur 1

Nodo inicio	Longitud real (mtrs)	Longitud de la escala (mm)	Nodo final
0	175	875	1
1	50	250	2
2	100	500	3
3	10	50	4
4	25	125	5
5	25	125	6
6	25	125	7
7	50	250	8
8	50	250	9
9	700	3500	10
10	50	250	11
11	575	2875	12
12	100	500	13
13	200	1000	14

d) Conversión longitud de escala, simulación microruta sur 2

Nodo inicio	Longitud real (mtrs)	Longitud de la escala (mm)	Nodo final
1	120	600	2
2	680	3400	3
3	80	400	4
4	400	2000	5
5	200	1000	6
6	400	2000	7
7	800	4000	8
8	240	1200	9