



**UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS**

**Universidad de Cienfuegos
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Carrera de Ingeniería Industrial**

TRABAJO DE DIPLOMA

**Título: “Propuesta de rutas para la recolección de Residuos
Sólidos Urbanos a la Unidad Presupuestada Municipal
Comunales Cienfuegos.”**

Autoras:

Claudia María Hernández Pérez

Daneilys Castillo Águila

Tutora:

MSc.Ing. Sandra Rodríguez Figueredo

Ing. Reginaldo Figueredo Díaz

Cienfuegos, Cuba

2019



PENSAMIENTO

A

“Lo que importa verdaderamente en la vida no son los objetivos que nos marcamos, sino los caminos que seguimos para lograrlo.”

Peter Bamm.

DEDICATORIA

A



*A nuestros padres y todos los que
nos han apoyado durante esta
investigación.*



AGRADECIMIENTOS

A

Agradezco infinitamente a todas las personas que a lo largo de estos años han contribuido directa e indirectamente para que este sueño se vuelva realidad.

A Dios: Quien me ha guiado y protegido en todos los acontecimientos de mi vida.

A mis padres Nurelys y Enrique: Quienes con su amor y apoyo incondicional en todo momento, han permitido que llegue al final de este largo camino. Ellos han sido pilares fundamentales para sostenerme en los momentos más difíciles, de guiarme por el buen camino, de levantarme y lograr sobreponerme satisfactoriamente ante todo. Espero hacerlos sentir siempre orgullosos de mí, son mi guía, mi inspiración, mi apoyo, mi todo, deseo con toda mi alma que sean eternos. Los quiero.

A mi novio Ronaldo: Quien ha sido mi compañero de viaje a lo largo de mi carrera, soy afortunada de tenerte en mi vida y poder contar con tu amor, cariño y dedicación, gracias por estar siempre a mi lado. Te amo

A mi suegra Marta: Gracias por tus consejos y apoyarme siempre cuando lo necesité, he aprendido mucho de usted durante el tiempo que llevo a su lado. Gracias.

A mi prima Dismidy: Quien ha estado orientándome en cada paso que doy desde pequeña, eres la hermana que nunca tuve y te quiero como tal, gracias por todos tus consejos y todo tu apoyo.

A mis amigas Denise y Claudia: Gracias por los mejores recuerdos y momentos vividos en estos 5 años, por siempre hacerme reír pese a cualquier dificultad, por aconsejarme, ayudarme y tenderme la mano en aquellos momentos que más lo necesité. Denise, te alejaste en la última etapa pero aunque estés lejos siempre recuerdo tu carisma y la forma loca de resolver las dificultades, eras la alegría del grupo, se te extraña mucho. Claudia, gracias por tus sabios consejos que muchas veces ignoré pero te aseguro que siempre has tenido razón en todo y a veces prefiero que no hables porque todo lo que dices sucede, creo que eres una especie de adivina, jajaja, en fin gracias por tu amistad y por compartir juntas hasta el final del camino. Nunca las olvidaré.

A mi tutora Sandra: Por aceptarme como alumna, diseñar y criticar de manera constructiva este trabajo, por dedicar gran parte de su tiempo y compartir sus ideas conmigo, por enseñarme todo

lo necesario para llevar a cabo esta labor y por ser además, mi profesor guía, he aprendido mucho de usted, gracias.

A todos, Muchas Gracias. Daneilys

A mis padres: *A mis padres Leydis y Raúl por ser las personas que más quiero en esta vida, por confiar todo el tiempo en mí sin lugar a dudas, por brindarme su apoyo incondicional e infinito, por estar a mi lado siempre y respetar mis decisiones, por ser mi fuente inagotable de apoyo, seguridad, confianza, respeto, por permitirme lograr terminar esta tarea que comenzó hace cinco años atrás y que hoy le ponemos juntos punto y final. Gracias, mil gracias porque todo lo que soy se lo debo a ustedes.*

A mi familia: *A mi abuela Mirtha Santana que aunque hoy ya no este entre nosotros para verme cumplir esta tarea siempre estuvo pendiente de todo y su apoyo fue infinito. A mis demás abuelos decirles gracias por su preocupación y por ser mis abuelos. A mi tía Midiala por estar siempre al tanto de todo y ayudarme constantemente. A todos mis tíos y primos por su preocupación e interés. A toda mi familia MIL GRACIAS.*

A Seidel: *Por ser mi compañero todo este tiempo, por apoyarme y ayudarme en todo lo que necesito, por tener paciencia y dedicación conmigo, por su cariño y amistad incondicional. Gracias por formar parte de mi vida.*

A mi tutora Sandra: *por tener mucha paciencia, dedicación, por el tiempo que te robamos de la construcción, por ser siempre alegre e incondicional, por ser como eres, muchas gracias.*

A mis amigas: *A ti Daneilys que te puedo decir que ya no lo haya dicho antes, gracias por tener tanta paciencia y comprensión, por ser mi compañera durante todos estos años y aun hasta el final seguimos juntas. A Denise que aunque estemos distantes nuestros corazones están bien cercas y enlazados por un sentimiento que se llama amistad.*

A mis vecinos, amigos, a mi ahijado Daniel, a mis compañeros de aula, a todas las personas que de una forma u otra estuvieron siempre presente les estaré eternamente agradecida.

A TODOS MUCHAS GRACIAS. Claudia

RESUMEN

A

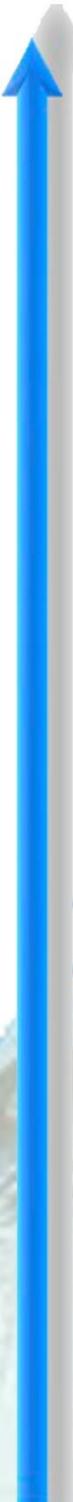


Resumen

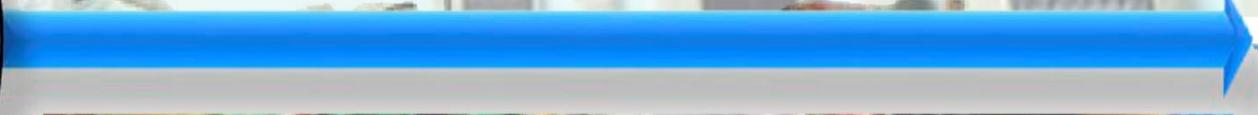
La presente investigación titulada "Propuesta de rutas para la recolección de Residuos Sólidos Urbanos a la Unidad Presupuestada Municipal Comunales Cienfuegos" tiene como objetivo general diseñar la propuesta de rutas para la recogida de los Residuos Sólidos Urbanos en el municipio de Cienfuegos, puesto a que en la Unidad Presupuestada Municipal Comunales se han presentado quejas referentes a este servicio en diferentes Consejos Populares, las rutas actuales tienen bases empíricas y son variantes.

En el desarrollo de la investigación se realiza la revisión de literatura de impacto que aborda la temática de los Residuos Sólidos Urbanos, las Tendencias para la recolección de Residuos Sólidos Urbanos, los Tratamientos que existen para los Residuos Sólidos Urbanos tanto en el mundo como en Cuba, los Beneficios del reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos y los tipos de problemas de rutas que pueden emplearse en la recogida de Residuos Sólidos Urbanos. Se utilizan técnicas y herramientas tales como: Entrevistas, Revisión de Documento, Trabajo con Expertos, Mapeo de Proceso, Diagrama Causa-Efecto y Método Cartero Chino, además de utilizarse Softwares como Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics 19.

Palabras Claves: Residuos Sólidos Urbanos, Recolección de Residuos Sólidos Urbanos, Cartero Chino, Diseño de Rutas.



SUMMARY



A



Summary

The present research entitled "Proposal of routes for the collection of Urban Solid Waste to the Communal Municipal Budget Unit of Cienfuegos" has as a general objective to design the proposal of routes for the collection of Solid Urban Waste in the municipality of Cienfuegos, the Communal Municipal Budget Unit has received complaints regarding this service in different Popular Councils, beside, the current routes have empirical bases and are variants.

In the development of this research, an impact literature has been review related with the themes of Urban Solid Waste, Trends for the collection of Urban Solid Waste, Treatments that exist for Urban Solid Waste both in the world and in Cuba. The Benefits of Urban Solid Waste Recycling and the types of route problems that can be used in the collection of Urban Solid Waste. Techniques and tools are used such as: Interviews, Document Review, Work with Experts, Process Mapping, Cause-Effect Diagram and Chinese Post Office Method, in addition to using Softwares such as Microsoft Excel and IBM SPSS Statistics 19.

Key words: Urban Solid Waste, Collection of Urban Solid Waste, Chinese Postman, Route Design.

INDICE

A



INDICE

Resumen

Summary

Introducción	13
Capítulo I: Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Generalidades, recolección y tratamiento.	16
1.1 Introducción.....	16
1.2 Residuos Sólidos Urbanos	17
1.2.2 Generación de RSU en el mundo.	23
1.2.3 Generación de RSU en Cuba	25
1.3 Tendencias de recolección de RSU.....	28
1.3.1 Métodos de recolección en el mundo.....	29
1.3.2 Métodos de recolección en Cuba.....	30
1.3.3 Costos de recolección de RSU.....	32
1.4 Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos	34
1.4.1 Tipos de tratamientos de residuos sólidos.	35
1.4.2 Tratamientos utilizados en el mundo.....	37
1.5 Beneficios del reciclaje de los RSU.....	40
1.6 Tipos de problemas de rutas.....	41
1.7 Conclusiones Parciales.....	44
Capítulo II: Diagnóstico de la Generación de RSU en el municipio de Cienfuegos.....	45
2.1 Introducción.....	45
2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos	45
2.3 Caracterización de la generación de residuos en el municipio de Cienfuegos.....	48
2.4 Análisis de la gestión de RSU en el municipio de Cienfuegos	53

2.5 Selección de un método para el diseño de rutas de recolección de RSU en el municipio de Cienfuegos	61
2.5.1 Problema del Cartero Chino.....	64
2.6 Conclusiones	66
Capítulo III: Aplicación del método: Problema de Rutas de Arcos Capacitados para el diseño de rutas de recolección de RSU en el municipio de Cienfuegos.....	68
3.1 Introducción.....	68
3.2 Metodología de solución de problemas del ingeniero industrial.....	68
3.2.1 Definición y análisis del problema.....	69
3.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución.....	69
3.2.3 Implementación.....	69
3.3 Aplicación de la metodología para la solución de problemas	70
3.3.1 Definición y análisis de los antecedentes y situación problemática en el del manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos.....	70
3.4 Conclusiones Parciales.....	96
Conclusiones Generales.....	97
Recomendaciones.....	98
Bibliografía	
Anexos	

INTRODUCCIÓN

A



INTRODUCCIÓN

Introducción

La producción de los residuos sólidos es inherente al desarrollo de la humanidad (Osorio, 2016), pues la naturaleza por sí misma no genera residuos. En el ecosistema, todo elemento desechado por un ser vivo es susceptible de ser utilizado, y de hecho se utiliza, incorporándolo a los ciclos de la materia y al flujo de energía. Es la aparición de las sociedades humanas con una sobreexplotación de recursos naturales, la que genera tal cantidad de desperdicios que supera la capacidad de asimilación de los mismos por los ciclos naturales produciendo la contaminación (Alfonso, 1996).

La contaminación ambiental por Residuos Sólidos Urbanos (RSU), es uno de los problemas que más afecta a las ciudades, en particular de los países en vías de desarrollo (Pérez, Lorenzo, y Sarduy, 2015)

El acelerado crecimiento urbano de las ciudades ha abierto una brecha que origina insuficiente atención de limpieza pública asociado a limitaciones de recursos, debido a ello, surge la preocupación en la búsqueda de alternativas concretas para la solución del problema haciendo que el hombre comience a pensar en aprovechar y reutilizar los grandes volúmenes de residuos generados a través de una óptima gestión que los convierta en fuente de materia prima para la obtención de nuevos productos. El reciclaje mediante la industrialización del procesamiento de los RSU, es una acertada idea en post del desarrollo (Fernando, 2014).

Los niveles crecientes de población, la economía en auge, la rápida urbanización y la mejora de los estándares de vida han acelerado mucho la tasa de generación de residuos sólidos municipales en los países en desarrollo (Díaz, 2017). Las municipalidades, que generalmente son las entidades responsables de la gestión de residuos en las ciudades, tienen el desafío de ofrecer un sistema efectivo y eficiente a los habitantes.

La generación de residuos sólidos a nivel mundial es de 1.3 billones de toneladas al año y se pronostica que para el 2025 ascienda a 2.2 billones de toneladas al año. Para los países en vía de desarrollo la generación de los RSU se duplicará para este periodo y su costo anual escalará de los \$205,4 billones a los \$375,5 billones de dólares para 2025. América Latina y el Caribe es la región más constante en la generación de RSU con 160 millones de toneladas al año (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012.).

INTRODUCCIÓN

El depósito incontrolado de los residuos sólidos, específicamente los urbanos, trae consigo una elevada contaminación de la tierra y de las aguas superficiales y subterráneas, la inseguridad para la vida humana por la aparición de focos infecciosos que hacen que proliferen vectores transmisores de enfermedades transmisibles que compromete la existencia del hombre. La combustión que se deriva de la propia descomposición de estos recursos incrementa los niveles de gases con efecto invernadero, además de la afectación al ornato y la belleza paisajística de donde se acumulan estos desechos (Fernando, 2014).

Se ha dicho que la solución de los desechos sólidos es una estrategia de basura cero, basada en 10 pasos (Valente, 2013), las experiencias en la gestión de RSU definen como el principal eslabón en la cadena a la recogida y, por tanto, su necesario servicio de transporte. El 80 % de los gastos de la actividad de gestión se concentran en los gastos de transporte (Fernando, Concepción, Barrios, y González, 2014) para su recogida los medios de acopio para los residuos, esta situación obliga a considerar en cualquier modelo de gestión la optimización del uso de los medios de transporte.

En Cuba la ley 81 sobre medio ambiente establece que: la educación ambiental, es el proceso continuo y permanente, que constituye una dimensión de la educación integral de todos los ciudadanos, orientada a que en la adquisición de conocimientos, desarrollo de hábitos, habilidades, capacidades y actitudes y en la formación de valores, se armonicen las relaciones entre los seres humanos y de ellos con la naturaleza para propiciar la orientación de los procesos económicos, sociales y culturales hacia el desarrollo sostenible (Correa et al., 2017).

El tema de la generación de los RSU en Cuba constituye un problema que se acrecienta, dicha afirmación se fundamenta principalmente en el aumento del volumen y su composición debido a la existencia de una generación de cuatro mil toneladas de los mismos para un promedio de 0,5 Kg cada día por habitante (Rodríguez, 2019).

Este tema se tiene en cuenta en Cuba en cuando se proyectó la actualización del Modelo Económico y Social en el 2011. Aprobándose en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC) los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución sobre desarrollo local y medio ambiente con los lineamientos: 135, 251, 245, 252, 254 (Rodríguez, 2016), en el año 2016 se aprobó la Declaración de la Protección de los recursos y el

INTRODUCCIÓN

medioambiente, como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos para el Plan de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 (Correa et al., 2017).

Por su parte, el sector no estatal, creciente a partir de la actualización del modelo económico y social en el país, genera contaminación, fundamentalmente atmosférica, al suelo, al ornato público, a la higiene comunal y sanitaria, pues carece, en general, de sistemas de monitoreo y tratamiento de los distintos desechos que originan, mientras, las medidas de saneamiento, eliminación y corrección de fuentes son insuficientes (Correa et al., 2017).

La gestión de RSU presenta grandes dificultades en todo el país por causas comunes como la ausencia, ineficiencia y obsolescencia de los sistemas de tratamiento, recogida y recolección de residuales en ciudades, pueblos y comunidades, - indisciplinas sociales, falta de mantenimiento y evacuación de los tanques sépticos y fosas en edificios multifamiliares y viviendas, en general, el insuficiente financiamiento dedicado a la solución, en el caso de los residuales líquidos, provoca que actualmente las aguas negras se derramen en las calles, produzcan graves enfermedades epidemiológicas como: diarreas agudas, hepatitis, leptospirosis, dengue y recientemente ZIKA. Esto ha conllevado al sensible deterioro de las condiciones higiénico- sanitarias en los asentamientos humanos (Rodríguez y Abreus, 2018).

La provincia de Cienfuegos cuenta con un total de 60 vertederos y de estos solo cuentan con tratamiento 47, de ellos en el 2017 se recolectaron 998,0 miles m³ de residuos sólidos y únicamente se tiene tratamiento para el estiércol porcino del cual solo se aprovecha una pequeña parte (ONEI, 2018b).

En la Unidad Presupuestada Comunales del municipio de Cienfuegos se han reportados quejas constantes sobre la frecuencia en el proceso de recogida de los RSU, esta situación ha causado micro vertederos y molestias sanitarias en diferentes zonas del municipio.

Las principales dificultades en el municipio de Cienfuegos para el reciclaje de los residuos colectados están determinados por la infraestructura no apta para la clasificación en origen, la baja o nula disponibilidad técnica del equipamiento propio para el reciclaje, la insuficiente logística para enfrentar la dispersión de las fuentes generadora, inexistencia de una Ley de Reciclaje y una base legal desactualizada, inexistencia de estadística confiable de los desechos reciclables

INTRODUCCIÓN

que se generan, lentos procesos de aprobación de bajas técnicas de equipos e inestabilidad en su servicio (Correa et al. 2017).

Es necesario destacar que en el municipio de Cienfuegos se concentran las mayores cantidades de industrias y sectores económicos de la provincia, con una población residente de 176 244 habitantes (ONEI, 2018a); el municipio representa el mayor generador de residuos sólidos con un aproximado de 132 183 Kg/día, presentando un índice de generación de RSU de 0,75 Kg/día por habitante, solo comparable con el de Ciudad de la Habana (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012.), esta última con mayor número de habitantes. Por lo que accionar sobre el municipio Cienfuegos en el diseño de una nueva ruta de recogida para los RSU resultará de vital importancia para el desarrollo local del municipio.

Todo lo anterior representa la Situación problemática de la investigación de ahí que se enuncie el siguiente **Problema científico**:

¿Qué ruta optimiza la recolección de los RSU en el municipio de Cienfuegos?

En correspondencia al problema declarado se plantea el Objetivo general de la investigación que consiste en: Diseñar la propuesta de rutas para la recogida de los RSU en el municipio de Cienfuegos

Objetivos específicos:

1. Realizar un estudio documental sobre los RSU, las tendencias para la recolección de los RSU, los métodos de recolección y los tratamientos que existen para los RSU, los tipos de problemas de rutas que pueden emplearse en la recogida de RSU, así como los beneficios del reciclaje de RSU con el fin de construir el marco teórico referencial de la investigación.
2. Diagnosticar la generación de los RSU en el municipio de Cienfuegos
3. Seleccionar un método para el diseño de rutas que responde a las características del municipio de Cienfuegos
4. Aplicar el método seleccionado para el diseño de las rutas de recolección en el municipio de Cienfuegos.

Justificación de la investigación

Siendo la recolección de los RSU, una tarea bajo la responsabilidad de los gobiernos municipales que enfrenta por diversas causas una serie de limitaciones para su eficiente

INTRODUCCIÓN

desempeño, siendo una de ellas el desconocimiento por parte del encargado de servicios públicos de los métodos de elaboración de rutas de recolección. La mayoría de las rutas de recolección diseñadas e implementadas dejan mucho que desear en cuanto a aspectos de operaciones y funcionamiento.

Otra limitación presente es la restricción presupuestal a la que se enfrenta la administración municipal, que trae como resultado equipos de limpieza cada vez más obsoletos y menos eficaces. Como resultado, se cuenta con un sistema hecho de manera intuitivo, que no cumple con las necesidades de una sociedad en constante desarrollo.

Ante esta situación, se plantea a través de este estudio atacar ambas vertientes, ofreciendo una herramienta versátil, capaz de adaptarse a las condiciones específicas de la ciudad y fácil de implementar por parte de los encargados del sistema de limpieza pública, el cual tiene como finalidad el diseño óptimo de una ruta de recolección de RSU en el municipio de Cienfuegos.

Preguntas de la Investigación

- ¿Existe una metodología para el diseño de las rutas de recogida de residuos sólidos urbanos en el municipio de Cienfuegos?
- ¿Será factible para la empresa de comunales del municipio de Cienfuegos una nueva ruta de recogida de los residuos sólidos urbanos?
- ¿Qué mejoras al proceso de recogida de residuos sólidos urbanos en el municipio de Cienfuegos trae una nueva ruta?

Estructura Capítular:

Capítulo I: En este capítulo se realiza una revisión bibliográfica sobre los RSU, las tendencias para la recolección de RSU, los métodos de recolección, los tratamientos que existen así como los beneficios del reciclaje de RSU y los tipos de problemas de rutas que pueden emplearse en su recogida con el fin de construir el marco teórico referencial de la investigación.

Capítulo II: Se realiza un diagnóstico a la generación RSU del municipio para caracterizar su generación. Se selecciona un método para el diseño de rutas de recolección de RSU de acuerdo a las características del municipio.

Capítulo III: Se aplica el método seleccionado para el diseño de rutas de recolección de los RSU en el municipio de Cienfuegos.

La investigación la constituyen otros elementos como son el resumen, summary, introducción, conclusiones generales, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO 1

A





Capítulo I: Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Generalidades, recolección y tratamiento.

1.1 Introducción

En la construcción del marco teórico de la investigación se hace imprescindible la revisión bibliográfica que sustente la temática a abordar, por lo que se procede a realizar una revisión de documentos relacionados con los RSU, las Tendencias para la recolección de RSU, los Tratamientos que existen para los RSU, así como los Beneficios del reciclaje de RSU. Para su comprensión se presenta en la Figura 1.1 el hilo conductor para la confección del capítulo.

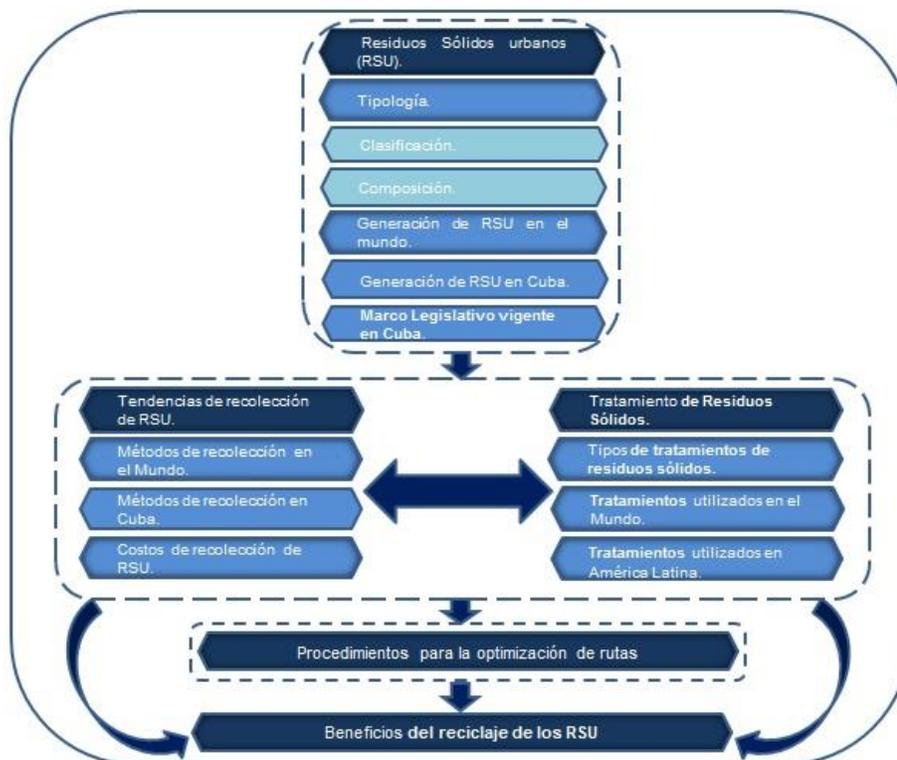


Figura 1.1: Hilo conductor de la Investigación. **Fuente:** Elaboración propia.



1.2 Residuos Sólidos Urbanos

Según Fernando (2014), los RSU son los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos. También son considerados RSU, los residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, playas, áreas verdes y recreativas, los escombros generados por obras menores de construcción y reparación domiciliaria, los cadáveres de animales domésticos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados. Definiendo los RSU como fuente de materia prima, recurso finito y fuente de energía que no debe ser derrochada; lo que aporta la idea de un enfoque sustentable de los RSU como residuos aprovechables (Valente, 2013).

Como resultado de las diferentes actividades productivas que desarrolla la sociedad, de manera inevitable se generan desechos, líquidos o sólidos que pueden tener efectos negativos sobre la salud humana y el ambiente. Los residuos sólidos son especialmente relevantes ya que con frecuencia se depositan en espacios urbanos como las calles, orillas de caminos, barrancas y cuerpos de agua (Benítez, 2009).

Por otro lado, en los países desarrollados e industrializados, el crecimiento poblacional y la concentración de la misma en los núcleos urbanos, unido a un mayor nivel de consumo y a la cultura de "usar y tirar", han contribuido a aumentar las cantidades de RSU, convirtiendo su gestión en uno de los mayores problemas a los que se enfrentan muchas ciudades (Ocaranza, 2003). Según Benítez (2009), cada año alrededor del globo, los seres humanos producen 2 billones de toneladas de RSU, sin contar los desechos industriales y hospitalarios. Estos elementos, al descomponerse, liberan sustancias tóxicas, exceden la capacidad de la naturaleza para degradarlos y permanecen enterrados cerca de las poblaciones humanas o diluidos en el aire que esas mismas comunidades respiran.

Las ciudades generan más de dos millones de toneladas de residuos sólidos. Se prevé se duplique en los próximos quince años (Contreras, 2017). La ONU plantea que hacia 2025 el mundo desarrollado quintuplicará la generación de desechos per cápita (Sarmiento, 2005).

Capítulo 1



Para Benítez (2009), factores como el crecimiento demográfico, el urbanismo, la industrialización, la producción a gran escala y difusión del estilo descartable, no solamente nos llevan al extraordinario incremento en la generación de residuos, sino que favorecen el agravamiento del problema, ya sea por su concentración geográfica, o por la inserción de residuos progresivamente más peligrosos.

La necesidad de apartar los residuos se remonta a los orígenes del propio hombre, adquiriendo valores críticos crecientes a medida que la humanidad abandonaba la vida nómada, adoptando la vida sedentaria y, sobre todo urbana. En el pasado, los residuos eran constituidos casi exclusivamente por materia orgánica y, como las concentraciones humanas eran pequeñas, su disposición era de fácil solución, no implicando daños mayores a la capacidad de asimilación de la naturaleza. Esta situación tiene impactos no sólo desde el punto de vista ambiental, sino también de salud y económicos (Benítez, 2009).

Los principales impactos relacionados con los RSU tienen una relación directa con la descomposición de la materia orgánica, produciéndose malos olores en los puntos de depósito, proliferación de insectos y roedores, riesgos de infecciones, producción de gases explosivos como el metano y la contaminación del suelo y las aguas. Debemos agregar que, los desechos orgánicos representan más de la mitad del peso total de los RSU que se generan (aproximadamente un 60%), es decir, se destacan del resto de los residuos por su mayor peso en los desechos que se generan diariamente en las zonas urbanas (GestioPolis, 2018).

Respecto de la salud, la acumulación de basuras sin ningún tratamiento o manejo técnico adecuado, provocan el desarrollo de ratas, cucarachas y mosquitos, agentes todos estos, de graves enfermedades. Con respecto a la valorización económica, todo lo que se tira en los basureros oficiales o clandestinos de las ciudades tiene su valor económico. Grandes cantidades de aluminio, papel, cobre, plásticos y textiles, entre otros, van a parar a esos sitios, perdiéndose así la posibilidad de reinsertarlos en el flujo económico (Benítez 2009).



La gestión y el tratamiento de los RSU se deben realizar con una visión integral, que considere los factores propios de cada territorio para asegurar su adecuado manejo y beneficio. El continuo crecimiento del volumen de RSU, tanto en valores absolutos como por habitante, ha hecho necesario poner en marcha políticas y programas de tratamiento que en un principio iban encaminadas a la eliminación de los residuos y más tarde adquirieron un carácter integral, se incorporaron además políticas de reducción, educación, divulgación, reutilización y valorización, mediante la aplicación de incentivos (fiscales, ayudas económicas) y al mismo tiempo de penalizaciones (ONU-HABITAT, 2015).

1.2.1 Tipología de los residuos sólidos

Según el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA), los siguientes tipos de residuos podemos diferenciarlos atendiendo a su origen:

- ✓ Agrícolas: rastrojo, paja.
- ✓ Ganaderos: estiércol, purines, animales muertos.
- ✓ Forestales: productos de podas, serrín, madera quemada.
- ✓ Industriales: chatarra, escombros, plásticos.
- ✓ Radiactivos: restos de minerales de uranio y otros isótopos.
- ✓ Residuos sólidos urbanos
- ✓ Residuos sanitarios

A. Residuos agrícolas, ganaderos y forestales: son los generados en las actividades agropecuarias (agricultura y ganadería) y forestales (silvicultura). Incluye los plaguicidas, abonos, insecticidas, restos agrícolas, purines y excrementos. Ramas, hojas, cortezas, raíces, serrines. Poseen un elevado contenido en materia orgánica y por ello son empleados como abonos o para la elaboración de los mismos (compost) (CITMA, 2010).

B. Residuos industriales: son materiales inertes o asimilables a residuos urbanos y sustancias tóxicas, peligrosas o radiactivas, generados en la actividad industrial. Presentan características y tratamientos similares a los domésticos (CITMA, 2010).



C. Residuos radiactivos: son materiales o productos contaminados con isótopos radiactivos. Emiten radiaciones ionizantes y pierden actividad con el paso del tiempo. Se generan en las centrales nucleares, las plantas de enriquecimiento de uranio, la industria, los hospitales y centros de investigación que emplean isótopos radiactivos en sus actividades (CITMA, 2010).

D. Residuos sólidos urbanos (RSU): son los generados por las actividades desarrolladas en los núcleos urbanos, es decir, en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios. Incluye residuos resultantes de las actividades domésticas, residuos generados en comercios, oficinas, centros de enseñanza, residuos producidos por la limpieza de calles, zonas verdes y mercados y residuos de construcciones, demoliciones y obras de reparación en viviendas (CITMA, 2010).

E. Residuos sanitarios: son los generados por las actividades sanitarias en los hospitales, clínicas, consultas de atención primaria, laboratorios de análisis y laboratorios farmacéuticos (CITMA, 2010).

1.2.1.1 Clasificación de los residuos

Aristizabal y Sachica (2013), Cruz (2013) y Sabina (2013) catalogan a los residuos según su origen, su composición química, desde el punto de vista económico y por el riesgo que ocasionan. Los residuos, según su origen, se agrupan en: domiciliarios, comerciales, institucionales, industriales y especiales. De acuerdo a su composición química se dividen en: putrescibles u orgánicos y no putrescibles o inorgánicos. Los orgánicos son restos de la elaboración de alimentos, vegetales y animales; se descomponen con fuertes olores y son origen de propagación de bacterias y los inorgánicos, restos de elementos que no son consecuencia directa de la naturaleza, sino de la industrialización de recursos naturales. Desde el punto de vista económico se clasifican en: desechos recuperables y no recuperables. En dependencia de su heterogeneidad se consideran: homogéneos o heterogéneos (cuando poseen más de tres componentes). Por el modo de tratamiento pueden ser: incinerables, biodegradables y reciclables. Según la forma de almacenamiento son residuos manuales y mecánicos, además, se catalogan por su riesgo como peligrosos.

Capítulo 1



En la Tabla 1.1 se resumen las distintas terminologías que se les aplican a los RSU, según el criterio de clasificación que se tome como referencia y la interconexión que existe entre ellos, en el Anexo 1 se muestran ejemplos de algunos de los tipos de residuos sólidos antes mencionados, para una mejor comprensión de su importancia en el manejo se hace necesario integrar los distintos criterios de clasificación.

Tabla 1.1: Criterios de clasificación de los RSU. **Fuente:** Elaboración propia

Clasificación	Tipos de residuos sólidos
Según su origen	Domiciliarios
	Comerciales
	Institucionales
	Industriales
	Especiales
Composición química	Putrescibles u orgánicos
	Putrescibles o inorgánicos
utilidad o punto de vista económico	Recuperables
	No recuperables
Por el riesgo	Peligrosos
Heterogeneidad	Homogéneos
	Heterogéneos
Modo de tratamiento	Incinerables
	Biodegradables
	Reciclables
Forma de tratamiento	Manuales
	Mecánicos



El crecimiento demográfico, el desarrollo industrial y tecnológico, la fabricación de productos de rápido envejecimiento y la generación del uso de envases sin retorno son algunas de las principales causas de que cada día exista mayor volumen de residuos y en especial RSU. Lo anterior provoca una presión excesiva al medio ambiente porque este no los puede eliminar con la suficiente celeridad. De esta forma son considerados, además de un problema higiénico sanitario por dañar la salud pública, una problemática ambiental al afectar los tres sistemas abióticos (aire, suelo y agua) y la belleza paisajística. Por ello es necesario realizar una gestión ambiental como vía de solución a lo planteado (Portugal, 2013).

1.2.1.2 Composición de los RSU

Según Benítez (2009), la composición de los RSU es muy variada debido fundamentalmente a los diferentes factores relacionados con la actividad humana. En sentido general, la composición de los residuos sólidos urbanos puede estar determinada por:

- ✓ Las características de la población que los genera: difieren grandemente según las particularidades poblacionales de las distintas áreas en las que se generan, como son la urbana, la rural, la turística, la industrial.
- ✓ La época del año en que se generan: la influencia de las variaciones del clima en la agricultura, los cambios de actividad en períodos vacacionales, entre otros, inciden en la composición de los residuos.
- ✓ Estar determinada por el nivel cultural y económico de la población que los genera.

Lo antes mencionado está muy relacionado con las características de los productos del primer grupo. Las características de los productos dependen de los hábitos de consumo y generación de residuos de los habitantes de las determinadas zonas (Barradas, 2009).

Según Damghani (2007), los residuales sólidos están compuestos por:

- ✓ Materiales inertes: metales, vidrios, cerámicas, arena, cenizas, escorias, escombros provenientes de reparaciones y construcciones, piedras, polvo.



- ✓ Materiales fermentables: materia orgánica putrescible (pan, pescado, pajas, restos de alimentos).
- ✓ Materiales combustibles: Componentes combustibles a excepción de la materia orgánica, papel, cartón, lana, tejidos, gomas, piel, plásticos, cueros.

1.2.2 Generación de RSU en el mundo.

La generación de RSU varía según ciertas características. La región y el país son variantes significativas al igual las diferentes zonas en una misma ciudad. Los volúmenes de desperdicio a nivel global se incrementan más rápido que los niveles de urbanización (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).

Cid (2016) plantea que la generación de residuos ha estado ligada desde siempre a las actividades productivas humanas. El aumento en la calidad de vida, crecimiento de la población y estilo de vida, influyen directamente en la cantidad de basura producida. No obstante, la ciudadanía exige que las actividades productivas se desarrollen de forma sustentable tal que cumplan con las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. Es por ello que la percepción de los residuos ha cambiado desde la visión convencional de materia inutilizable a material valorizable e insumo para diversos usos.

La generación de residuos es ya uno de los principales problemas medioambientales, económicos y de salud del planeta. Cada año, se generan en todo el planeta entre 7.000 y 10.000 millones de toneladas de residuos incluyendo urbanos, industriales, de construcción y demolición; alrededor de 3.000 millones de personas carecen de acceso a instalaciones controladas de gestión de residuos (Residuos Profesional, 2015).

La generación residual anual en Asia del Este y el Pacífico es aproximadamente 270 millones de toneladas al año. Esta cantidad es principalmente influenciada por la generación residual en China, lo cual forma 70 % del total de la región. En Asia Central, el derroche generado por año es por lo menos a 93 millones de toneladas y ocho de los países de la región no tienen datos disponibles en la generación residual en la literatura por lo que el índice de generación va desde

Capítulo 1



0.29 hasta 2.1 kg por persona al día, con un promedio de 1.1 / el día kg/cápita. Mientras que Asia del Sur genera aproximadamente 70 millones de toneladas de basura al año, con un valor per cápita entre 0.12 y 5.1 kg por persona al día y un promedio de 0.45 / el día kg/cápita (Hoornweg et al 2005; Srivastava et al 2014; Liu et al 2015).

Hoornweg y Bhada-Tata (2012) plantean que Latinoamérica y el Caribe tienen los datos más comprensivos y coherentes. La cantidad total de residuos sólidos al año en esta región es de unos 160 millones de toneladas, con un índice per cápita extendiéndose desde 0.1 hasta 14 kg/cápita/día, y un promedio de 1.1 kg/cápita/día. Por otra parte, los países de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá generan 572 millones de toneladas al año los valores per cápita se extiende desde 1.1 para 3.7 kg por persona al día con un promedio de 2.2 kg/cápita/día. Se puede constatar que la generación residual está concentrada en los países con mayor poder adquisitivo y con mayor población principalmente el continente asiático y Europa como se muestra en la Figura 1.2.

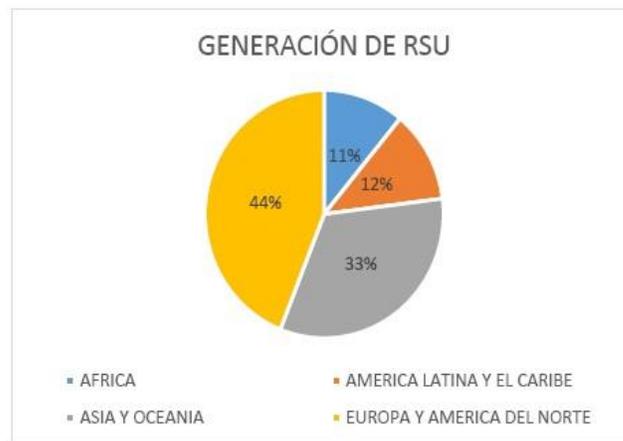


Figura 1.2: Porcentaje de generación de RSU por continente. **Fuente:** (Rodríguez, 2019).

Hoornweg y Bhada-Tata (2012) plantean que los países con mayores ingresos generan más desechos per cápita, mientras que los países de bajos ingresos generan menos. Aunque la generación residual total de los países con ingresos medios bajos es superior a la de los países



con ingresos medios altos, probablemente dado por la presencia de China en el grupo de países de ingresos medios bajo (Ver Figura 1.3).

Generación de RSU según ingresos



Figura 1.3: Porcentaje de generación de RSU por ingreso.

Fuente: (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012).

1.2.3 Generación de RSU en Cuba

Cuba no escapa de la situación internacional que presentan los residuos sólidos comunes, pues a pesar de ser identificados sus problemas en la política ambiental, no se han minimizados los males que causan al medio ambiente. Lo anterior se agrava a partir de que el país no cuenta con recursos financieros suficientes para realizar la gestión de los mismos (Rodríguez, 2019).

Toda la problemática ambiental que generan los residuos sólidos en Cuba, como consecuencia de su incremento y las implicaciones al medio ambiente, evidencia la necesidad de buscar soluciones. La correcta gestión ambiental de los mismos constituye una de ellas (Cruz, 2013).

La gestión recuperativa en las empresas de materias primas comenzó a obtener resultados típicamente alentadores a partir del 2013, con la venta de residuos reciclables por poco más de 160 millones en pesos cubanos convertible (CUC). De ellos, 55 millones correspondieron a la exportación. Ese año se realizaron ventas de 439 500 toneladas de residuos reciclables, que

Capítulo 1



representaron 4500 toneladas más que las comercializadas en el 2012, cifra que representa las ventas más significativas de los últimos diez años (Sánchez, 2015).

Según datos del Ministerio del Comercio Exterior y la Inversión Extranjera (MINCEX) Cuba invierte aproximadamente 500 millones de dólares para remodelar y modernizar el sector de los envases y embalajes, dedica entre un 25% y un 30% de esta inversión a la industria del plástico. El país importó en el año 2013, 1500 toneladas de tereftalato de polietileno a un costo de 20 mil CUC. Hasta mayo de 2014 se habían importado 2500 toneladas de este producto a un precio de 28 mil CUC (Rodríguez y Abreus, 2018).

1.2.3.1 Marco Legislativo vigente en Cuba

Existe un grupo de legislaciones, fundamentalmente del Ministerio de Salud Pública, relacionadas con la higiene y el ornato y sus contravenciones, cuya aplicación es insuficiente. Existen igualmente Resoluciones de ese Ministerio y del de Economía y Planificación, normando aspectos relacionados con el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos. El CITMA cuenta en la Ley 81 del Medio Ambiente con capítulos dirigidos al Manejo de los Desechos Peligrosos y Productos Químico - Tóxicos, así como un Título dirigido hacia los Servicios Públicos Esenciales donde se aborda la recogida de los desechos sólidos y su disposición final en vertederos; y existe una Resolución Ministerial a tono con el cumplimiento del Convenio de Basilea y el manejo y disposición final de los desechos peligrosos (Lismart, 2008).

Existen 3 Normas Cubanas (NC 133:2002, NC 134:2002, NC 135:2002) relacionadas con el almacenamiento, recolección, transportación, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos; requisitos higiénicos sanitarios y ambientales. Además, la NC 530:2007 relacionada con el manejo de los residuos sólidos de las instituciones de salud y los requisitos higiénico - sanitarios y ambientales (NC, 2007) y (NC, 2002) (Benítez, 2009).

La Constitución de la República de Cuba del 24.02.1976 y su modificación del 10.10.1992 postula en el artículo 27 tanto la misión del estado de proteger el medio ambiente como el deber de los

Capítulo 1



ciudadanos contribuir a la protección. Adicionalmente, reconoce el concepto de desarrollo sostenible “para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras” (Benítez, 2009).

La Estrategia Ambiental Nacional (1997) es la expresión de la política ambiental cubana, en la cual se plasman sus proyecciones y directrices principales. Dos de los cinco principales problemas ambientales se relacionan con los Residuos Sólidos:

- ✓ Deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos.
- ✓ Contaminación de las aguas terrestres y marinas.

Adicionalmente se proponen los siguientes nuevos métodos para convertirlos en una herramienta de trabajo de la gestión ambiental nacional:

- ✓ Los Convenios de Concertación y Coordinación de Acciones para la Gestión Ambiental.
- ✓ Los Acuerdos Voluntarios para la mejor protección ambiental.
- ✓ Los Códigos de Conducta Ambiental.
- ✓ La conformación de un Sistema Nacional Estatal Integrado de Vigilancia del medio ambiente.

Esta propia estrategia hace énfasis en que “las Autoridades Ambientales deben crear además diversas modalidades de incentivos sociales para las personas y entidades que se distinguen en las acciones de protección del medio ambiente y uso sostenible de los recursos naturales” (Benítez, 2009).

La Estrategia Ambiental Nacional requiere para su materialización de determinados instrumentos. Uno de ellos es el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo que constituye la proyección concreta de la política ambiental de Cuba, aprobada por el gobierno en 1993, que contiene lineamientos para la acción de los que intervienen en la protección del medio ambiente. Este documento constituye la adecuación cubana a la Agenda 21. Dos de sus 32 capítulos se refieren a la gestión racional de los desechos sólidos y a la gestión racional de los desechos peligrosos (Benítez 2009).



El CITMA, en su condición de Organismo de la Administración Central del Estado rector de la política ambiental, es el encargado de desarrollar la estrategia y concertar las acciones encaminadas a mantener los logros ambientales alcanzados y contribuir a superar las insuficiencias existentes, garantizando que los aspectos ambientales sean tomados en cuenta en las políticas, programas y planes de desarrollo a todos los niveles (Benítez, 2009).

1.3 Tendencias de recolección de RSU

En Vida Sostenible (2016), se enuncia que el tratamiento de los RSU más habitual entre los países que hoy componen la Unión Europea ha sido el depósito en vertederos. Se denomina también vertido controlado y aquí se dirigen los rechazos previamente tratados que no van a ser reutilizados o valorados mediante otro sistema de gestión. En los últimos años la mayoría de los países han disminuido el uso de esta disposición final de los residuos por diversos problemas ambientales que se pueden generar, como la contaminación por lixiviados; los nuevos usos que tenga el terreno tras el cese del vertedero serán limitados.

Mientras que en 2012 se depositó el 34% de residuos en vertederos, en 2013 descendió un 3%. Se espera que para 2030 se eliminen los depósitos en vertederos, exceptuando el 5% de residuos no valorizable. Por el contrario, uno de los tratamientos de residuos que ha aumentado ligeramente su popularidad en los últimos años ha sido la incineración, que ha pasado de un 21% en 2007 al 26% en 2013. Este método permite recuperar la energía del residuo y tratar numerosos tipos de residuos, pero también conlleva problemas ambientales derivados de este tratamiento como son los gases y cenizas tóxicos generados durante la incineración y que necesitan un tratamiento añadido (Vida Sostenible, 2016).

Los tratamientos ecológicos como el reciclaje y el compost ya han adquirido una gran importancia entre la sociedad europea, aunque el reciclaje ha recorrido más camino logrando un 28% en el año 2013. Los residuos llevados a plantas de compostaje se situaron en un 15% en ese mismo año. Ambos sistemas valoran los residuos y los reutilizan y el impacto en el medio ambiente es mínimo. El compost se suele usar en agricultura y jardinería como enmienda para el suelo,



aunque también se usa en paisajismo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos. La Unión Europea ha bajado de media un 7% la cantidad de RSU generados por persona con respecto al año 2008 y con una producción de 481 kg por persona en el año 2013 (Vida Sostenible, 2016).

Según Vida Sostenible (2016), la media europea de almacenamiento de residuos en vertederos es del 31%, el reciclado de los residuos sólidos alcanza un 28% siendo el segundo tratamiento más utilizado, la valorización mediante la incineración es del 26%, y por último un 15% para los residuos fueron convertidos en compost durante 2013.

1.3.1 Métodos de recolección en el mundo

Lagos (2013) plantea que los métodos de recolección se pueden clasificar según diversos criterios, tales como:

- ✓ su origen generador (casa, edificios, industrias)
- ✓ el vehículo o método de transporte (barcazas, camiones, trenes, vehículos satélites),
- ✓ el tipo de almacenamiento (bolsa, contenedores, basureros, patios).
- ✓ la forma de sacar la basura (por los clientes o por los operarios).
- ✓ simplemente por la forma de levantar o verter la basura dentro del vehículo recolector (manualmente, automáticamente o semiautomáticamente).

En Angelelli y Speranza (2002) se detallan tres sistemas para la recolección de basura residencial, los cuales incluyen en general, a la mayoría de los métodos de recolección existentes. El primero de ellos, conocido como el sistema tradicional o puerta a puerta consiste en que un camión dotado de un equipo de hombres recorre las calles de los hogares, recogiendo casa a casa la basura que la población deja en bolsas para luego depositarlas en el camión. Este proceso de recolección es lento y se requiere de una gran cantidad de mano de obra.

El segundo sistema, conocido como sistema de carga lateral, las personas deben depositar su basura en contenedores (denominados estándar) localizados en la cercanía de su hogar, para



que luego grandes camiones se detengan a un costado de éstos y a través de un sistema semiautomático, operado por el conductor desde la cabina, levante estos contenedores y vierta su contenido dentro del camión. En contraste con el sistema anterior, aquí se reduce el tamaño de la mano de obra y los ciudadanos son libres de deshacerse de su basura cuando estimen conveniente (Angelelli y Speranza, 2002).

El tercer sistema de recolección, conocido como sistema de carga lateral y carrocería desmontable, consiste en un método similar al anterior, con la diferencia que los camiones llegan con contenedores muy grandes vacíos y se llevan los llenos. La ventaja es que la fase de recolección se puede separar de la de transporte, ya que especializados (y costosos) camiones se dedican sólo a la recolección de basura, mientras que camiones comunes se dedican al transporte de la basura (Angelelli y Speranza, 2002).

En Racero y Pérez (2006) se incluye otro método, aunque menos convencional, denominado el método de esquina o de parada fija, el cual consiste en trasladar el vehículo recolector a ciertos puntos predeterminados y esperar que los usuarios lleven sus residuos en los horarios convenidos, de modo tal, que son los mismos usuarios quienes llenan el vehículo recolector.

La recolección en América Latina y El Caribe constituye el componente más importante del manejo de los RSU. Desde el punto de vista económico, entre un 60 y un 70% del costo total del servicio (recolección, transporte y disposición final) se destina a este componente; explicable por el elevado costo de los equipos, de su operación y mantenimiento y de la mano de obra involucrada (Narea, 2008).

1.3.2 Métodos de recolección en Cuba

Según lo descrito en GestioPolis, (2018) la recolección y el transporte en Cuba son acciones de vital importancia en el sistema del manejo de los RSU, pues de la efectividad en el sistema dependerá en gran medida la calidad y el resultado final de todo el proceso. Existen tres métodos de recogida fundamentales:

- ✓ Recogida Especializada por medio de camiones compactadores.

Capítulo 1



- ✓ Recogida Convencional por medio de tractores y carretas o camiones de volteo.
- ✓ Recogida con carretones de caballo.

A. Método de recogida especializada: se realiza utilizando camiones compactadores, los cuales se dedican a la recogida intradomiciliaria en determinadas zonas urbanas de la ciudad, utilizando principalmente contenedores de Cloruro de Polivinilo (PVC), donde son depositados los desechos por parte de la población. Los principales problemas que enfrenta este método de recolección son los siguientes:

- ✓ Debido al reducido número de camiones y contenedores existentes, resulta difícil darles cobertura a las áreas de recogida en una jornada laboral.
- ✓ Producto del alto grado de explotación a que han sido sometidos estos equipos, su estado técnico se ve afectado por frecuentes roturas y fallos mecánicos, razón por la cual se ve limitada de manera frecuente la recogida de los residuos urbanos en estos territorios.

Estas afectaciones en el servicio han traído como consecuencia, principalmente, el deterioro ambiental de las áreas turísticas y residenciales. Además, es necesario tomar medidas urgentes para el mejoramiento de las condiciones de los contenedores de recogida, así como aumentar el número de los mismos y del total de camiones colectores (GestioPolis, 2018).

B. Método de recogida Convencional: el método de recogida convencional en las zonas suburbanas con tractores, carretas y camiones de volteo consiste, básicamente, en la combinación de recogida en la calle e intradomiciliaria. Este sistema se encuentra afectado fundamentalmente por (GestioPolis, 2018):

- ✓ La falta de vehículos y contenedores.
- ✓ Los tanques facilitados y colocados por los Comités de Defensa de la Revolución (CDR), contribuyen a la ineficiencia de la recogida en lo que se refiere al tiempo invertido en la operación y al ambiente desagradable resultante de la deplorable condición de los recipientes.

C. Método de recogida con Carretones de Caballos

Capítulo 1



Este método consiste, fundamentalmente, en la recogida en la calle e intradomiciliaria. Debido a la obsolescencia de este método hay afectaciones en su aplicación que podemos resumir de la manera siguiente (GestioPolis, 2018):

- ✓ No logra cubrir todo el territorio debido a la ineficiencia en la operación. Esta operación presenta problemas con la velocidad, el horario de trabajo y la capacidad de recogida limitados.
- ✓ El área de cobertura es muy baja. Luego las oficinas locales de las Digital Marketing Strategies Conference (DMSC) se ven obligadas a utilizar sus tractores con carreta o camiones de volteo a fin de abarcar toda el área de recogida.

En la mayoría de las zonas periféricas los desechos se recogen con carretones de caballos o mediante vehículos convencionales, los desechos generados en estas zonas, generalmente se depositan en vertederos de período especial, los cuales están provocando severas afectaciones ambientales, y por tal razón, serán clausurados. Entonces, se hace imprescindible sustituir los carretones de caballos por vehículos especializados (GestioPolis, 2018).

Según De La Peña (2012) en Cuba, a pesar de contar con normas que establecen los requisitos higiénicos sanitarios y ambientales para cada fase de gestión de los residuos sólidos comunes, existen dificultades aún no resueltas. Dichos problemas son principalmente de índole financiero, pero unido a esto, existe una manifestación de indisciplina social que contribuye al deterioro de la imagen urbana y la higiene comunal, pues se arrojan desperdicios en las áreas públicas por la falta de conciencia ambiental, la inexistencia de una red de depósitos y la levedad del sistema de control estatal.

1.3.3 Costos de recolección de RSU

En la franja fronteriza de México no es fácil encontrar sitios adecuados para la disposición final de los RSU, tanto por la oposición de los habitantes como por el costo de los terrenos. El método de disposición final utilizado es el relleno sanitario controlado. El costo promedio por tonelada manipulada es de \$275.00, cabe resaltar que el costo máximo se encontró en la ciudad de Tijuana

Capítulo 1



con \$490.00 por tonelada manipulada, mientras que el más bajo fue de \$160.00 por tonelada (ciudad con servicio concesionado) (Martínez, 2018). Se estima que en promedio se invierte diariamente \$150.00 en mantenimiento por vehículo, traducándose en un total de \$15 750.00 por día, adicionado al valor estimado por concepto de sueldos y salarios, equivalente a \$118 580.00 diarios por los 484 empleados. Estos gastos realizados son independientes de los utilizados en la disposición final. El gobierno municipal local gasta por concepto de recolección, transferencia y disposición final de residuos sólidos la cantidad de \$272 025.30 pesos diariamente, es decir, \$376.08 por tonelada y \$8 160 759.90 mensuales. Recursos que no tienen tasa de retorno, al contrario, significa dinero improductivo desde el punto de vista de tasa de beneficio. De aquí la urgencia de buscar una alternativa para tratar de recuperar parte de este gasto (Iglesias, 2007).

En la Tabla 1.2 Se muestra el costo del manejo de residuos sólidos en algunos países de América Latina y específicamente del municipio de Toluca en México.

El incremento paulatino en la generación de RSU reportada en los últimos años, sitúa a Cuba junto a países desarrollados como España, Austria, Francia, Dinamarca, Alemania y Estados Unidos, lo que, a su vez, es tomado como un índice del nivel de vida en un país. La tendencia en el incremento de la generación de residuos es comparable con el crecimiento de los diferentes renglones reportados. Se observa a su vez una disminución en los desechos de cuero y huesos, lo que se corresponde por un lado con la valoración de estos desechos en el origen y a la disminución de su producción por otro. Se destaca en todo este análisis el elevado porcentaje de materia orgánica presente (por encima del 50,00 %), por lo que resulta importante su consideración (CENIC, 2004).

La evaluación del efecto económico tuvo en cuenta el valor actual neto (VAN) y el período de recuperación de la inversión (PRI). El análisis de los beneficios incluye el empleo de la materia orgánica digerida como sustrato para plantas, cuyo costo actual es de \$80,00 USD/m³ y el empleo del biogás como suministrador de CO₂, tomando como base el costo de los cilindros a



razón de \$6,28 USD. El flujo beneficio-costo fue convertido al valor actual neto, teniendo en cuenta una tasa de interés del 10 %, el cual es usado internacionalmente en estos estudios (CENIC, 2004).

Tabla 1.2: Costo del manejo de los residuos sólidos. **Fuente:** (Iglesias, 2007)

Algunos países latinoamericanos*

Actividad	% Respecto al total	Valor aprox. En pesos
Recolección	43-50%	300-800 por tonelada
Transferencia	10-25%	100-200 por tonelada
Disposición final	10-20%	100-200 por tonelada
Total (sin barrido)	100%	700-1500 por tonelada

En el municipio de Toluca

Actividad	% Respecto al total	Valor estimado en pesos**
Recolección	43.59%	118 580.00
Transferencia	5.79%	15 750.00
Disposición final	50.62%	137 695.30
Total	100%	272 025.30

1.4 Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos

Según el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD), el tratamiento de los RSU es el conjunto de acciones orientadas a la separación de los residuos para su valorización, reducción del volumen, así como la modificación física o química de las propiedades de los materiales para facilitar su disposición final y reducir los impactos a la salud humana y de los ecosistemas (CNGMD, 2017).



El tratamiento de los residuos varía de acorde a las políticas de la región y del país. Cada continente y gobierno le brindan una importancia diferente al tema. Sobre esta materia la unión europea en su Directive (2008/98/EC) establece que el primer objetivo de cualquier política residual debería ser minimizar los efectos negativos en la salud humana y el ambiente relacionada con la generación y la gestión de derroche. La política residual también debería apuntar a reducir el uso de recursos naturales (Rodríguez, 2019).

La elección de la tecnología de tratamiento determina en gran medida el éxito de un sistema de gestión de residuos sólidos. Sin embargo, no existe una tecnología de tratamiento de residuos que se ajuste perfectamente a todas las áreas y a todos los tipos de residuos (Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, 2016).

1.4.1 Tipos de tratamientos de residuos sólidos.

Según Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, (2016) las técnicas más comunes de tratamiento de residuos sólidos se presentan a continuación.

✓ Recuperación de materiales

La gestión sostenible de los RSU requiere que se hagan todos los esfuerzos posibles para separar los materiales reciclables de la corriente de los RSU. El costo del reciclado es luego compartido por los ciudadanos y por los municipios. Los materiales reciclables a ser clasificados son especificados por la comunidad en base a los mercados disponibles; en general, metales, papel y cartón y ciertos tipos de plásticos y vidrio son reciclables. Los materiales reciclables recogidos son transportados a una instalación de recuperación de materiales (Material Recovery Facility, MRF) donde se clasifican a cabo, de forma mecánica o manual, entre materiales comercializables y un residuo no utilizable que es arrojado en vertederos o utilizada como combustible en una planta Waste-To-Energy (WTE) (Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, 2016).

✓ Pretratamiento mecánico

Es considerado por muchas personas como método de pre-tratamiento, ya que se utiliza generalmente en conjunto con tratamientos de residuos biológico o térmico. Su objetivo es recuperar materiales valiosos a partir de los flujos de residuos, eliminar elementos

Capítulo 1



contaminantes, separar un flujo de residuos en más corrientes o para homogeneizar los residuos con el fin de optimizar otros procesos (Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, 2016).

✓ Compostaje aeróbico y anaeróbico

Desechos de parques y jardines, también llamados desechos "verdes" o "de patio", se pueden separar también en la fuente y compostados aeróbicamente (es decir, en presencia de oxígeno). El producto compostado tiene un pequeño valor nutricional y puede ser utilizado como acondicionador del suelo en jardines y parques. La práctica habitual es que los ciudadanos lleven sus desechos verdes a la planta de compostaje y se lleven el producto de compost para su uso en sus jardines. Algunas comunidades también recogen los desechos de alimentos por separado y los abonan en reactores diseñados especialmente para la digestión anaeróbica (DA), es decir, en ausencia de oxígeno, recuperando así un biogás que contiene aproximadamente 50% de metano y una "torta" que, después del curado en aire durante un par de semanas, se utiliza también como acondicionador de suelos. Los residuos sólidos que quedan después de la recuperación de materiales y un producto de compost se denominan residuos post-reciclaje. Pueden ser tratados térmicamente para recuperar su contenido de energía química o eliminarse en vertederos, como se discute a continuación (Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, 2016).

Recuperación de energía: La mayoría de los residuos post-reciclaje son compuestos químicos orgánicos hechos de hidrógeno (H) y carbono (C) y se pueden utilizar como combustible. Cuando reaccionan con oxígeno a una temperatura relativamente alta (llamado "combustión"), forman vapor de agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2) y liberan una gran cantidad de energía. Por lo tanto, se puede afirmar que los RSU contienen energía química que, durante la combustión, se transforma en energía térmica (Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, 2016).

✓ Tratamiento biomecánico (TBM)

El TBM es un método relativamente nuevo (desarrollado en la década de 1990) para el tratamiento de residuos sólidos y que básicamente se utiliza para el tratamiento de residuos sin clasificar o residuales (después de algunos materiales reciclables removidos en la fuente). El concepto fue originalmente reducir la cantidad de residuos destinados a vertedero, pero las tecnologías de TBM hoy en día también son vistas como plantas que recuperan combustible, así como fracciones de material. Como el nombre sugiere la tecnología combina las tecnologías de



tratamiento mecánico (pantallas, tamices, imanes) con las tecnologías biológicas (compostaje, digestión anaeróbica) (Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, 2016) .

Dos tecnologías principales se encuentran disponibles: pretratamiento mecánico biológico (MBP), el cual primero elimina una fracción de Combustible Sólido Recuperado (RDF por sus siglas en inglés "Refuse Derived Fuel") y luego trata biológicamente los residuos restantes antes de que la mayor parte de éstos sean vertidos, y la estabilización biológica mecánica (MBS), que primero abona los residuos para su secado antes de la extracción de una fracción grande de RDF. Sólo una pequeña fracción se deposita en vertederos. Esta última tecnología también se conoce como biosecado. Dentro de cada una de las dos tecnologías principales, una serie de variaciones está disponible dependiendo de los residuos recibidos y el enrutamiento de la fracción de RDF (Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, 2016).

✓ El depósito en vertederos

Los residuos posteriores al reciclaje que no son tratados térmicamente deben ser depositados en vertederos. Esta es la forma antigua de hacer frente a los residuos sólidos por la humanidad y todavía se utiliza por un estimado de 80% de la población mundial. Hay dos problemas principales asociados con los vertederos tradicionales: las precipitaciones de lluvia y las reacciones bioquímicas dentro de los lixiviados de vertedero que contienen ácidos orgánicos que, si se escapan al medio ambiente, pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas por muchas décadas; también, el biogás generado por estas reacciones contiene hasta un 55% de metano (CH₄) y aporta aproximadamente el 3% de los gases de efecto invernadero (GEI) que se cree resultan en el cambio climático (Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, 2016).

En reconocimiento de esta condición, varios países han puesto en práctica los rellenos sanitarios que están equipados para la recogida y el tratamiento de los efluentes líquidos y para capturar lo más posible del gas de vertedero (Themelis, Diaz, Estevez, y Velasco, 2016).

1.4.2 Tratamientos utilizados en el mundo

Según Lombardi et al, (2017), en Europa la eliminación final de los residuos en vertederos sanitarios se considera la opción menos preferida. Los países como Alemania, Dinamarca, Países Bajos, Suecia y Bélgica tienen menos del 1.4 % de los RSU en vertederos, incinerando

Capítulo 1



sobre el 35 % de los RSU y recobrando el resto con estrategias diferentes tales como: incluyendo manual mecánico u ordenando, el compostaje, la digestión anaerobia. La etapa final de la gestión de los residuos tiene tres variantes posibles dependiendo de la naturaleza de los componentes de los residuos y de las posibilidades de la región en la que estos sean tratados. Por lo tanto, los componentes de los residuos podrán ser transformados con la finalidad de obtener nuevos productos con otras aplicaciones (compostaje y Biometanización), valorizados energéticamente con el único propósito de convertirlos en combustible con el que poder generar energía (gasificación, hidrogenación, pirolisis, oxidación y, en algunos casos, la incineración) o eliminados.

Según la Unión Europea (UE), el empleo de vertederos clandestinos, que son lugares en donde se acumulan residuos sin ningún tipo de control, fue el primer método adoptado por el ser humano para eliminar los residuos, por ser simple y barato. Sin embargo, ocasiona graves problemas medioambientales. Los vertederos catalogados como incontrolados en la actualidad, son sellados y clausurados llevándose a cabo las correspondientes medidas de saneamiento, aprovechándolos posteriormente para usos variados, o simplemente para su integración paisajística. Los vertederos controlados son instalaciones de eliminación destinadas al depósito de residuos, localizadas en emplazamientos apropiados, donde se sitúan de forma ordenada los residuos y bajo condiciones seguras y supervisadas, que tienen como fin evitar los problemas de contaminación de agua, aire y suelo. Esta clase de vertederos se van empleando cada vez más en la actualidad (UE, 1999).

La Directiva de vertederos de la UE (1999/31/EC) pide a todos los países miembros disminuir cantidad de residuos biodegradables en las municipalidades que se almacenan en vertederos y con esta meta han ajustado blancos específicos de reducción, dado que biodegradación anaeróbica de estos residuos en vertederos emite gases de efecto invernadero (UE, 1999).

Dos de las estrategias principales actualmente perseguidas en Italia para manejar a RSU son Mechanical Biological Treatment (MBT) y tratamiento termal (la incineración o la recuperación de energía). En 2015, sobre 36 % y 21 % de RSU municipales fue tratado en estos tipos de



instalaciones, respectivamente. Las estrategias de gestión de los RSU son establecidas en regionales niveladas diferenciadas, lo que significa que se pueden contradecir según su área geográfico (Lombardi et al., 2017).

1.4.3 Tratamiento más utilizado en Cuba

Hoy más que antes, existe en Cuba una creciente preocupación por reducir los daños ambientales que producen los vertederos o los rellenos sanitarios y se ha hecho cada vez más difícil seleccionar y decidir sobre los sitios donde disponer de los residuos de manera segura (Ambientales, 2002).

Existen 1026 vertederos, de ellos 674 presentan el sistema de tratamiento a través de Rellenos Sanitario, lo que representa el 66.46% del total, dándole tratamiento sanitario al 92.7% del residual dispuesto en los mismos, es decir a 23 162.3 Mm³ aproximadamente. Los residuos sólidos son enterrados sin un debido tratamiento de los lixiviados y sin recolección de los gases emitidos por la descomposición de los residuos orgánicos (Domínguez, 2009).

Según Domínguez (2009), la forma y tipo del residuo determina en gran parte donde la disposición será permitida. Los residuos sólidos comúnmente son depositados en:

- Micro vertederos (ilegales)
- Vertederos a Cielo abierto sin control
- Vertederos a Cielo abierto controlados
- Rellenos Controlados
- Rellenos Sanitarios Convencionales Mecanizados
- Rellenos Sanitarios manuales
- Depósitos de seguridad

La primera forma empleada para disponer los RSU fue la de vertederos o botaderos a cielo abierto. Este es el método que predomina en países subdesarrollados, producto de que los costos son muy bajos y no requiere planeamiento para su explotación. Este método consiste en el vertimiento directo de todos los residuos sobre el suelo, donde puede darse alguna reducción



del volumen de porción combustible de los mismos. La exposición de residuos a cielo abierto implica el contacto con determinados agentes transmisores de enfermedades (Domínguez, 2009).

El Relleno Sanitario Manual es otra vía de disponer los residuos sólidos, se define como un método de disposición de los desperdicios sobre la tierra sin crear incomodidad, peligro para la salud y la seguridad pública, mediante la utilización de principios ingenieriles cuyo objetivo es confinar los desechos en un área y volumen reducidos cubriéndolos con una capa de tierra al concluir un día de operación o a intervalos menores, de ser necesario. Este método es un complemento para cualquier tipo de tratamiento ya que todos producen rechazos que finalmente hay que eliminar, es por ello que una de las líneas a seguir por la Estrategia Ambiental de los Servicios Comunales es la de “Concluir la construcción del 100% de los vertederos de Relleno Sanitario Manual”, en el país quedando pendiente 434 de un total de 1026 vertederos en total (Domínguez, 2009).

1.5 Beneficios del reciclaje de los RSU

Según Cesar (2012), al igual que los problemas originados por la excesiva generación de residuos, los beneficios del reciclaje se encuentran en el ámbito económico, ambiental y socio-cultural.

En lo económico los beneficios se obtienen principalmente en el ahorro de materia prima nueva, fabricar productos a partir del reciclaje reduce considerablemente los costos, beneficiando al consumidor que compra más barato, también se obtienen significativos ahorros de energía y agua. Adicionalmente, el reciclaje disminuye la cantidad de residuos sólidos que llega a los lugares de disposición final, lo que significa importantes ahorros en los gastos de transporte y depósito. Reciclar crea nuevas fuentes de trabajo, porque genera posibilidades de desarrollar pequeñas y medianas empresas, o de incorporar y usar nuevas tecnologías (Cesar, 2012).

Capítulo 1



En lo que se refiere a los beneficios ambientales el reciclaje reduce sustancialmente la explotación forestal y la minería, que son destructivas para los hábitats de vida silvestre, reduce la contaminación, porque la basura no se quema y los fabricantes pueden reutilizar materiales en lugar de crear otros nuevos, que es más eficiente energéticamente; reciclar chatarra baja en un 88% las emanaciones a la atmósfera y en un 76% la contaminación del agua , además el reciclaje de residuos peligrosos impide entrar en el vertedero donde se filtra en el suelo y dañar el ecosistema local y abastecimiento de agua (Alcalá,2019).

En el ámbito socio-cultural, la masificación y formalización del reciclaje conducirá a que grupos de personas que hoy trabajan recolectando material, puedan contar con empleos de ingresos más estables, lo que conlleva una mejor calidad de vida (Cesar, 2012).Prácticamente, todo lo que se ve a nuestro alrededor puede ser reciclado, desde los residuos electrónicos hasta los desechos biodegradables, vidrio, papel, plásticos, ropa, y un largo etcétera de objetos y materiales (Isan, 2018). Es por ello que los beneficios y las ventajas del reciclaje en general ayudan a preservar el planeta a muchos niveles, como se puede observar en el Anexo 1.

1.6 Tipos de problemas de rutas.

Según Afonso (2014), existen varios métodos utilizados para la optimización de rutas de vehículos, a continuación se exponen algunas de ellas:

Problema del viajante de comercio: El Problema del Viajante de Comercio (Travelling Salesman Problem o TSP) es uno de los problemas de Optimización combinatoria más estudiados. De manera general, dado un grafo ponderado, conexo y dirigido, TSP consiste en encontrar el camino cíclico más corto tal que todo nodo del grafo sea visitado exactamente una vez (Afonso,2014).

Problema de rutas de vehículos: El Problema de Rutas de Vehículos (Vehicle Routing Problem o VRP) es una generalización natural del TSP, en donde los clientes demandan una cantidad de productos que deben ser entregados con una flota de vehículos, y cada vehículo tiene su propia ruta. Este problema es un poco complicado que el TSP pues es necesario particionar el conjunto

Capítulo 1



de clientes para que sean atendidos separadamente por cada vehículo y después determinar el orden de servicio de cada vehículo (Afonso, 2014).

Problema del cartero chino: Problema del Cartero Chino (Chinese Postman Problem o CPP) fue inicialmente propuesto por Kwan Mei-Ko en 1962. Se define así: sea un grafo conexo $G=(V, E, w)$ donde w es una matriz de costos, encontrar un recorrido tal que visite cada arista al menos una vez al menor costo posible (Afonso, 2014).

Problema de rutas de arcos capacitados: El Problema de Rutas de Arcos Capacitados (Capacitated Arc Routing Problem o CARP) consiste en atender las demandas sobre determinadas calles de una red vial a través de una flota homogénea de vehículos, los cuales inician y finalizan sus recorridos desde un único depósito. El objetivo del problema es minimizar el costo total del recorrido de forma que se atiendan todas las demandas sin exceder la capacidad de carga de los vehículos involucrados (Afonso, 2014).

En la Tabla 1.3 se muestran los problemas de rutas y algunas características que los identifican.

Tabla 1.3: Problemas de rutas y sus características. **Fuente:** Elaboración propia

Problema	Concepto	Objetivo	Restricciones	Beneficios
Problema del viajante de comercio	Consiste en encontrar el camino cíclico más corto tal que todo nodo del grafo sea visitado exactamente una vez.	Encontrar la ruta de menor costo que, partiendo y acabando en una ciudad concreta, visite exactamente una vez cada una de ellas.	Cada ciudad debe ser visitada una única vez.	

Capítulo 1



<p>Problema de rutas de vehículos</p>	<p>Los clientes demandan una cantidad de productos que deben ser entregados con una flota de vehículos.</p>	<p>Encontrar el camino cíclico más corto tal que todo nodo del grafo sea visitado exactamente una vez.</p>	<p>Cada ciudad debe ser visitada una única vez. Cada vehículo sale una única vez del depósito y entra una única vez en el depósito. Se necesita conocer la demanda y las coordenadas.</p>	<p>Minimiza la cantidad de vehículos necesarios. Minimiza los recorridos. Conoce cuanto se recoge en cada punto del CP.</p>
<p>Problema del cartero chino</p>	<p>Consiste en encontrar un recorrido a través de una red que representa una zona limitada de una población, pasando por cada calle cuando menos una vez, de tal manera que la distancia total</p>	<p>Encontrar un recorrido tal que visite cada arista al menos una vez al menor costo posible.</p>	<p>Es poco flexible. Cualquier cambio en la topografía, generación, climatología, cambios en la velocidad de cruce del vehículo recolector, cambio en sentido de las calles; es</p>	<p>Permite aprovechar la experiencia y la visión global, desde el primer momento de la modelización hasta la implantación práctica. Es especialmente útil en ciudades donde se carece</p>



	recorrida sea mínima.		necesario reformular toda la subrutina para encontrar rutas disponibles.	de información geográfica digitalizada, hecho que se produce muy a menudo.
--	-----------------------	--	--	--

1.7 Conclusiones Parciales

1. La generación de residuos sólidos urbanos, a nivel mundial, alcanza niveles alarmantes, dado por: el crecimiento poblacional, esquemas y patrones de vida que asocian erróneamente conceptos como calidad de vida.
2. El tratamiento de los RSU varía acorde a las políticas de cada región, país y gobiernos, teniendo en cuenta sus intereses, cultura y capacidad económica para hacer frente a este tema.
3. En Cuba, la gestión de los RSU se realiza mediante el presupuesto municipal, asociada a un servicio de recolección deficiente y una disposición final en vertederos a cielo abierto.
4. Existen varios métodos de ruteo aplicados al diseño de rutas de recogida de RSU entre los cuales se han aplicado exitosamente en nuestra región el método del cartero chino, rutas de vehículos y viajante de comercio.

CAPÍTULO II

A



Capítulo II



Capítulo II: Diagnóstico de la Generación de RSU en el municipio de Cienfuegos

2.1 Introducción

En este capítulo se caracteriza el municipio de Cienfuegos y su generación de RSU, se hace un análisis de la gestión de RSU en el municipio de Cienfuegos y se selecciona un método para el diseño de rutas de recolección de RSU en el municipio de Cienfuegos a partir del criterio de los expertos en el tema.

2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos

El municipio de Cienfuegos tiene una extensión territorial de 355.63 Km². El territorio se encuentra situado en el centro-sur de la provincia, a los 220 7' y 30" de latitud Norte y 180 18' de longitud Oeste, sobre la península de Majagua. Limita al Norte con los municipios de Palmira y Rodas, al Sur con el Mar Caribe, al Este con el municipio de Cumanayagua y al Oeste con el municipio de Abreus (ONEI, 2017).

La Ciudad de Cienfuegos es el asentamiento principal del municipio de Cienfuegos declarada por la UNESCO Patrimonio Cultural de la Humanidad en el 2005. En el municipio se tienen Monumentos Nacionales como son: el Museo Naval Cayo Loco, el Cementerio Tomás Acea, el Cementerio de Reina y la zona de La Punta en el barrio Punta Gorda y otros monumentos locales como el Jardín Botánico, el asentamiento Pepito Tey, las ruinas del Ingenio Carolina y la Fortaleza de Nuestra Señora de los Ángeles de Jagua (ONEI, 2017).

Las características ambientales del municipio están determinadas por los indicadores de clima que representan una lluvia total anual de 963,8 mm, que abarcaron 121 días del 2016, una temperatura media anual 30.8oC para la máxima y 20.80C para la mínima, dirección y rapidez de viento predominante 16 rumbos NE a 7.2 km/h, humedad relativa del 77% y una nubosidad media de 3 octavos. (ONEI, 2017).

Los principales ríos del municipio son el Caonao, Arimao con vertiente Sur y una extensión de 84 y 82 km respectivamente, no obstante, los ríos el Damují, y Salado atraviesan o recorren parte del territorio

Capítulo II



y desembocan en la bahía Cienfuegos la cual tiene una extensión de largo de 18,5 km y 6,4 km de ancho, con profundidad máxima de 13,1m en el canal de entrada 12,8 m en los fondeadores y 9,1m en los muelles. El territorio presenta diversidad en el potencial natural, tanto para el desarrollo de la actividad humana: residencial, industrial, marítimo-portuaria, agropecuaria, forestal, minera, pesquera, turístico-recreativa y otros; así como para la conservación de ecosistemas irrepitibles en el municipio con gran valor florístico y faunístico como los que agrupa el área protegida Guanaroca. (ONEI, 2017).

Las características físico geográficas municipales propician la vulnerabilidad del territorio ante la ocurrencia de fenómenos como las inundaciones por intensas lluvias, las penetraciones marinas y las afectaciones por fuertes vientos, dado por los ríos y arroyos y en el caso de la ciudad se incrementan las inundaciones por los problemas de drenajes generados por la urbanización. Las penetraciones marinas ponen en peligro a las costas bajas y acumulativas, manifestándose de manera diferente en el interior y exterior de la bahía. La exposición a los fuertes vientos se hace mayor en las áreas de llanuras al no contar con barreras naturales que las protejan frente a este peligro (ONEI, 2017). El municipio de Cienfuegos cuenta con 19 Consejos Populares (CP) de ellos 11 urbanos y 8 mixtos que responden a las necesidades gubernamentales y político – administrativas y son utilizados como base para el control territorial, a los cuales se refiere en la Tabla 2.1 y Figura 2.1.

Tabla 2.1: Consejos Populares del municipio de Cienfuegos.

Fuente: Correa et.al, 2016b.

Municipio	Consejos Populares
Cienfuegos	Reina, Centro Histórico, Pastorita, Junco Sur, La Juanita, Juanita II, Pueblo Griffó, Caonao, La Gloria, Tulipán, La Barrera, Buenavista, San Lázaro, Paraíso, Rancho Luna, Punta Gorda, Guaos, Pepito Tey, Castillo CEN

Capítulo II



Figura 2.1: Mapa CP Municipio de Cienfuegos.

Fuente: Dirección Provincial de Planificación Física.

El municipio tiene una población residente de 174 478 habitantes, con 88 179 mujeres y 86 299 hombres, los menores de 15 años representan el 24.3 % de la población, las edades entre 15 y 59 años el 64.1% y los mayores de 60 años son 34 521 representando el 19.1% de toda la población cienfueguera, el Índice de Rocet es de 17.5% por lo que se clasifica como una población muy envejecida y la esperanza de vida al nacer para los hombres es de 76 años y las mujeres 79.6 años. El municipio tiene una tasa anual de crecimiento de 5,9 y una relación de masculinidad 979 y un total de 56946 viviendas (ONEI, 2017).

La base económica del municipio es fundamentalmente industrial y de servicios. El territorio cuenta con 3 zonas industriales y otra más pequeña en Guabairo con la Fábrica de Cemento como su principal representante, 3 zonas portuarias, una red de almacenes, talleres y pequeñas industrias dispersas dentro de la trama urbana. En la actividad agropecuaria se destacan la producción de alimentos como: cultivos varios, frutales y ganadería. Una actividad con futuro es el turismo, que cuenta con 9 hoteles, se desarrolla la actividad inmobiliaria en Punta Gorda y su ampliación en el Centro Histórico y proyecciones de desarrollo hasta el 2030, existe una base de campismo y cabañas de recreación (Correa et.al, 2016).



De los 112 672 habitantes del municipio en edad laboral 58 720 están empleados en el sector estatal con un salario promedio de 645 pesos, donde este sector en el año 2014 generó 2 627 939,7 miles de pesos en ventas netas. El sector estatal está conformado en el municipio por 133 organismos (71 empresas, 49 unidades presupuestas, 10 cooperativas y 3 empresas mixtas), estos organismos para el cumplimiento de su objeto social consumen energía que se desglosa en energía eléctrica, el gas, la gasolina motor, el combustible diésel, los aceites, grasas y lubricantes, petróleo crudo, petróleo combustible, donde los organismos mayores consumidores pertenecen al Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Construcción y el MINAL (ONEI, 2017; Correa et.al, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

2.3 Caracterización de la generación de residuos en el municipio de Cienfuegos

El municipio de Cienfuegos en el año 2001 era el mayor generador de residuos sólidos de la provincia con un aproximado de 116 173 Kg/día, con el mismo índice de generación de RSU que Ciudad de la Habana con un 0,75 Kg/día por habitante (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012.), esta última con mayor número de habitantes. En el año 2005 en el municipio de Cienfuegos se evidenció una disminución en el índice con respecto al 2001. La Tabla 2.2 muestra este análisis.

Tabla 2.2: Generación de residuos al día en Ciudad Habana y Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia.

Ciudad	Año	Población	Índice per cápita kg per cápita /día	Total kg/día	Total ton/día
Ciudad de La Habana	2001	2 186 632	0,75	1 639 974	1 640
Cienfuegos	2001	154 897	0,75	116 173	116
Cienfuegos	2005	164 749	0,58	150 311	150

Es necesario considerar que estos datos corresponden al 2001 porque es entonces que se comienza a conceder importancia a la generación de los RSU, aunque no existen referencias de continuidad de estudios hasta el año 2016 con las investigaciones realizadas por (De la Peña 2012), (Rodríguez; Brito; Bériz, 2013), (Correa et. al., 2017), (Rodríguez y Abreus, 2018) y (Rodríguez, 2019) por lo que existe

Capítulo II



desproporcionalidad entre el volumen de desechos generados en la práctica y el desconocimiento de la magnitud real de los mismos, pues la recogida no se planifica según los volúmenes materialmente existentes.

No existen registros hasta el momento de cuántas toneladas se generan al día, ni el índice per cápita. No cuentan, en primer lugar, con una computadora para el registro en una base de datos, pero tampoco son capaces de archivar en hojas esta documentación.

Según ONEI (2018) en el año 2017 Cienfuegos aumentó su generación de RSU con respecto al 2016 esto se detalla en el Anexo 3. Cienfuegos es la sexta provincia del país con mayor relación volumen RSU/población con un índice de 2,45 m³/habitante en el año 2017, su índice supera al de provincias con una mayor población como Santiago de Cuba, Villa Clara, Matanzas, Pinar del Río, Camagüey entre otras. Todo ello se resume en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Índice de la relación volumen de RSU/población por provincia, 2017.

Fuente: Elaboración propia.

Provincia	Población (hab)	Volumen-RSU (m ³)	Índice (m ³ / hab)
Cienfuegos	407 244	998 000	2,5
Granma	826 911	1 964 000	2,37
Las Tunas	536 094	1 229 100	2,29
Holguín	1 030 024	2 036 100	1,97
Guantánamo	511 093	906 100	1,77
Villa Clara	784 244	1 345 500	1,71
Santiago de Cuba	1 051 069	1 701 900	1,61
Camagüey	769 863	1 191 300	1,54
Matanzas	712 418	1 047 700	1,47
Pinar del Río	586 483	808 000	1,37

Capítulo II



La Tabla 2.4 muestra una actualización del volumen total de desechos sólidos recolectados en el municipio de Cienfuegos, así como la cantidad de habitantes, datos publicados por ONEI (2018).

Tabla 2.4: Índice de la relación volumen de RSU/población en el municipio de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia.

	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
VDSR	Mm ³	265.9	225.7	233,6	258	266	270.3	268	318
Población	U	172013	170420	172055	173453	174478	174769	176244	176244
Índice	Mm ³ /hab	0.0015458	0.0013244	0.0013577	0.0014874	0.0015245	0.0015466	0.0015206	0.0018043
Índice	m ³ /hab	1.5	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.8

En la Figura 2.2 se aprecia que el índice de relación volumen de RSU/población en el municipio de Cienfuegos a partir del año 2013 comienza a ascender notablemente y se incrementa en 1,7 metros cúbicos por habitantes en el 2017.

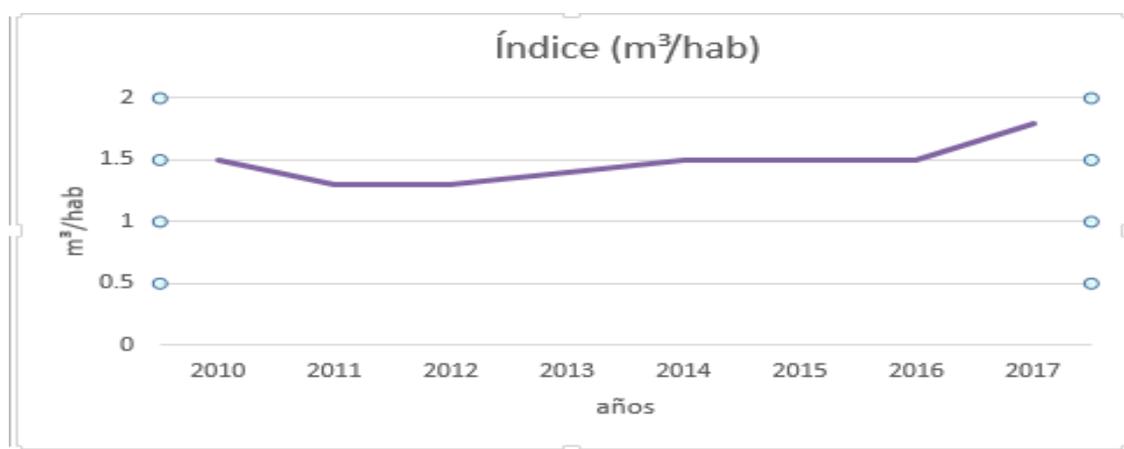


Figura 2.2: Índice de la relación volumen de RSU/población en el municipio de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia.



Los RSU se depositan en vertederos, el municipio de Cienfuegos cuenta con un total de siete y de ellos solo seis funcionan, los cuales están localizados por consejos populares como se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5: Resumen de vertederos del municipio Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad	Funcionamiento	Ubicación	
		Cantidad	Consejos Populares
7	6	1	Rancho Luna
		1	Caonao
		1	Pepito Tey
		1	CEN
		1	Paraíso
		1	Pueblo Griffó

Los RSU denominados residuos domésticos provienen del sector residencial, se generan en los domicilios particulares, los comercios, las oficinas y los servicios. Estos tipos de RSU son inorgánicos y orgánicos cuya clasificación detallada se encuentra en la Tabla 2.6.

En Cuba los RSU están compuestos por: 59.45 % de materias orgánicas y 40.55 % inorgánicas. (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012). Por tanto, se considera para el municipio de Cienfuegos esta misma composición de RSU, debido a que la Dirección Provincial y Municipal de Servicios Comunales no posee esta información. El municipio genera, según la Dirección Municipal de Servicios Comunales, los RSU como se muestra en la Tabla 2.7.

Por estas razones es de vital importancia maniobrar sobre el municipio Cienfuegos en la gestión de RSU para lograr convertir en una oportunidad de desarrollo local pues de no mediar acciones urgentes en cuanto al nivel de generación, empeorarán los problemas relacionados con la gestión inadecuada. El camino hacia una gestión adecuada de los residuos sólidos recién se ha iniciado, varias líneas de acción deben profundizarse para lograr el objetivo en común de desarrollo sostenible del sector en Cuba.

Capítulo II



Tabla 2.6: Clasificación detallada de los componentes de los residuos sólidos domiciliarios.

Fuente: Elaboración propia.

Tipo	Características
1. Materia Orgánica	Restos putrescibles como los restos de animales y vegetales, provenientes generalmente de la cocina tales como cáscara de frutas entre otros
2. Madera, Follaje	Ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas productos del clima y las podas.
3. Papel	Papel blanco tipo bon, papel periódico, otros.
4. Cartón	Cajas gruesas o delgadas
5. Vidrio	Botellas transparentes, ámbar, vidrio de ventanas.
6. Plástico PET	Botellas de bebidas y gaseosas.
7. Plástico duro	Frascos, bateas, otros recipientes.
8. Bolsas	Envoltura de golosinas y bolsas plásticas
9. Tecno por y similares	Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros.
10. Metal	Hojalatas, tarro de leche, aparatos de hierro y acero
11. Telas, Textiles	Se refiere a restos de tela y algodón
12. Caucho, cuero, jebe	
13. Pilas y Baterías	
14. Restos de medicina	Focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares
15. Residuos sanitarios	Papel higiénico, pañales y toallas higiénicas
16. Residuos inertes	Tierra, piedras y similares.
17. Otros (especificar)	Debe procurarse identificar sus componentes.

Tabla 2.7: Residuos sólidos urbanos orgánicos e inorgánicos diario, mensual y anual.

Fuente: Elaboración propia.

	Día	Mes	Año
Volumen	600 (m ³)	22 (Mm ³)	264 (Mm ³)
RSU orgánico	356.7	13.079	156.948
RSU inorgánico	243.3	8.921	107.052



2.4 Análisis de la gestión de RSU en el municipio de Cienfuegos

Se analizan los estudios realizados por De La Peña (2012) con Sistema para evaluar el manejo de los RSU en la ciudad de Cienfuegos y la Dirección Provincial de Planificación Física con el Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU) en el municipio Cienfuegos.

A continuación, se evidencian los resultados obtenidos:

- Diagnóstico de la situación del manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Cienfuegos en el año 2011 (De La Peña, 2012):

Se ejecutó mediante el Sistema de Evaluación del manejo de los Residuos Sólidos Urbanos, donde se evalúan las etapas del manejo de los RSU a través de indicadores. En la evaluación de estos, solo en trece de los diecinueve consejos populares del municipio, el cumplimiento del plan de disposición final resultó satisfactorio durante el año 2011, mientras el cumplimiento del plan de costos de proceso fue satisfactorio (S) durante nueve meses.

El resto de los indicadores se comportó de forma no satisfactoria (NS), por lo que la evaluación general del manejo de los residuos sólidos resultó en el municipio de Cienfuegos no satisfactoria (NS) para el año 2011.

- Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF) con el Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU), municipio Cienfuegos: El diagnóstico al medioambiente realizado a través el Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU), municipio Cienfuegos, arrojó los siguientes resultados:
 - 1- La problemática de los desechos sólidos urbanos, aunque identificada desde hace varios años, no ha obtenido soluciones adecuadas y definitivas, consecuencia de una carente planificación estratégica y manejo integral de la actividad, pues mantiene un carácter operativo.
 - 2- Existen vertederos microlocalizados de desechos sólidos en todos los asentamientos urbanos: dos en la Ciudad de Cienfuegos, uno en Pepito Tey, uno en Guaos, uno en Castillo de Jagua y además en el asentamiento rural Mártires de Barbados. Excepto el vertedero de Baldosa, ubicado en la ciudad y que actualmente se encuentra en proceso constructivo para realizar tratamiento de relleno sanitario, el resto de las áreas de depósito no poseen tratamiento y su

Capítulo II



- vertimiento final es a cielo abierto, contrario a las Normas Cubanas 135,136 y 137:2002, que regulan lo relacionado con esta actividad.
- 3- La basura está compuesta fundamentalmente por: residuos de alimentos, plásticos, metales de diversos tipos, cristal, desechos de hospitales, compuestos químicos, escombros y otros; se desconoce el volumen y la proporción de los mismos respecto al total generado pues no existe clasificación primaria de ellos, ni control estricto sobre el tema. Tampoco se registra la estadística del total de entidades generadoras y la cantidad que aportan per cápita.
 - 4- Aparecen, además, diversas áreas de vertederos ilegales en los barrios Reina y oeste de O' Bourke, que afectan en gran medida la bahía y su zona costera. Asimismo, se originan en barrios de la periferia como: Buena Vista, Tulipán, San Lázaro y Caonao y causan serios daños al suelo por la lixiviación de los mismos. Esta situación es, además, causa de la generación de vectores, malos olores, obstrucción del drenaje, deterioro de la imagen urbana y afectación de áreas para el crecimiento perspectivo de la ciudad.
 - 5- El sistema de recogida en la ciudad se realiza con siete camiones colectores especializados de la Empresa de Comunes y siete camiones abiertos contratados a otras instituciones, estos últimos no cumplen las normas establecidas para la actividad. Aún existen grandes deficiencias con la recogida en los barrios de Reina, Juanita 2 y Tulipán, que genera la proliferación de microvertederos y desencadenan una seria problemática higiénico-estética en estos espacios urbanos.
 - 6- Los consejos populares de Paraíso, Caonao y los asentamientos urbanos Guaos, Guabairo y Pepito Tey asumen el servicio de recogida mediante carretones de tracción animal. Las zonas industriales no poseen dicho servicio.

Los principales problemas detectados por el PGOTU en el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Cienfuegos son:

- ✓ Insuficiencia de instrumentos y medios técnicos para todas las actividades relacionadas con los residuos sólidos.
- ✓ Inadecuada transportación, tratamiento y disposición final de la basura y los residuos sólidos peligrosos.

Capítulo II



- ✓ Carencia de financiamiento para enfrentar las inversiones necesarias.
- ✓ Indisciplina social y empresarial.
- ✓ Falta de educación y conciencia ambiental ciudadana.
- ✓ Incumplimiento de reglamentos, ordenanzas, normas y leyes establecidas respecto a toda esta temática.
- ✓ Ineficiente control sobre las contravenciones que se realizan.
- ✓ Proliferación de viviendas en áreas de vertederos y viceversa. Se destacan el barrio de Reina y los dos vertederos legales de la ciudad.
- ✓ Predominio de desinterés social e institucional por el tema de la basura.
- ✓ No existe un inventario y control de cada una de las entidades que brindan servicios de recogida de basura por lo que se desconocen los mecanismos utilizados para la disposición final.
 - Investigación Manejo integrado de los residuos sólidos urbanos en el municipio (Correa et al., 2017). Se obtuvieron los siguientes resultados:
 - 1- Se realizó un análisis de la situación actual del manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos y se catalogó como deficiente, debido a una serie de causas principales como: inestabilidad en la recogida de las RSU, insuficientes equipos de medición, recolección, transporte y tratamiento y práctica de acciones puntuales para la educación ambiental solo en algunos consejos populares (CP) del municipio.
 - 2- Se propone una estrategia de monitoreo para el cumplimiento del plan de acción para el manejo de residuos sólidos en el municipio de Cienfuegos, para su ejecución se utilizaron los indicadores planteados en: Sistema de evaluación para el manejo de RSU (De La Peña, 2012), PGOTU para el municipio de Cienfuegos (DPPF, 2012) y la Oficina Municipal de Estadística e Información (OMEI). De quince indicadores se determinaron medir: ocho mensualmente, uno semestral y seis anual.

Con el grupo de expertos consultado en Rodríguez y Abreus (2018), se identificaron las causas incidentes en el deficiente manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos, mediante el Diagrama Causa- Efecto (ver figura 2.3).

Capítulo II



Del análisis anterior se listan las causas potenciales que influyen en el deficiente manejo de los RSU en el municipio:

- ✓ Insuficientes equipos para la recolección de los RSU
- ✓ Insuficiente tratamiento de los RSU

Para el análisis, selección y priorización de las acciones de mejoras se utilizó la herramienta Análisis de modos y efectos de fallo y Criticabilidad (AMFEC), con el estudio correspondiente de equipos recolectores de RSU y el comportamiento de los indicadores para su manejo en el municipio como se muestra a continuación en la Tabla 2.8 y Figura 2.4.

Tabla 2.8: Promedio de equipos recolectores de desechos sólidos trabajando.

Fuente: (ONEI, 2016).

Concepto	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Promedio de colectores trabajando	8	7	7	5	2	5
Promedio de tractores c/carretas trabajando	1	1	1	2	4	5
Promedio de camiones abiertos trabajando	11	10	10	5	10	8
Promedio de carros de tracción animal trabajando	41	31	31	43	34	29
Promedio de buldóceres trabajando	1	2	2	1	1	1
Total de equipos trabajando	62	51	51	56	51	48

En la Figura 2.4 se puede apreciar el total de equipos recolectores de desechos sólidos que trabajaron durante el periodo 2010- 2015. Se evidencia el 2010, como el año de mayor promedio de equipos en funcionamiento con más de sesenta equipos activos. No sucedió lo mismo en 2011 y 2012 pues ocurrió una disminución, más notable en el 2015. Comparado con el año 2010 se puede observar el déficit de equipos debido a su deterioro.

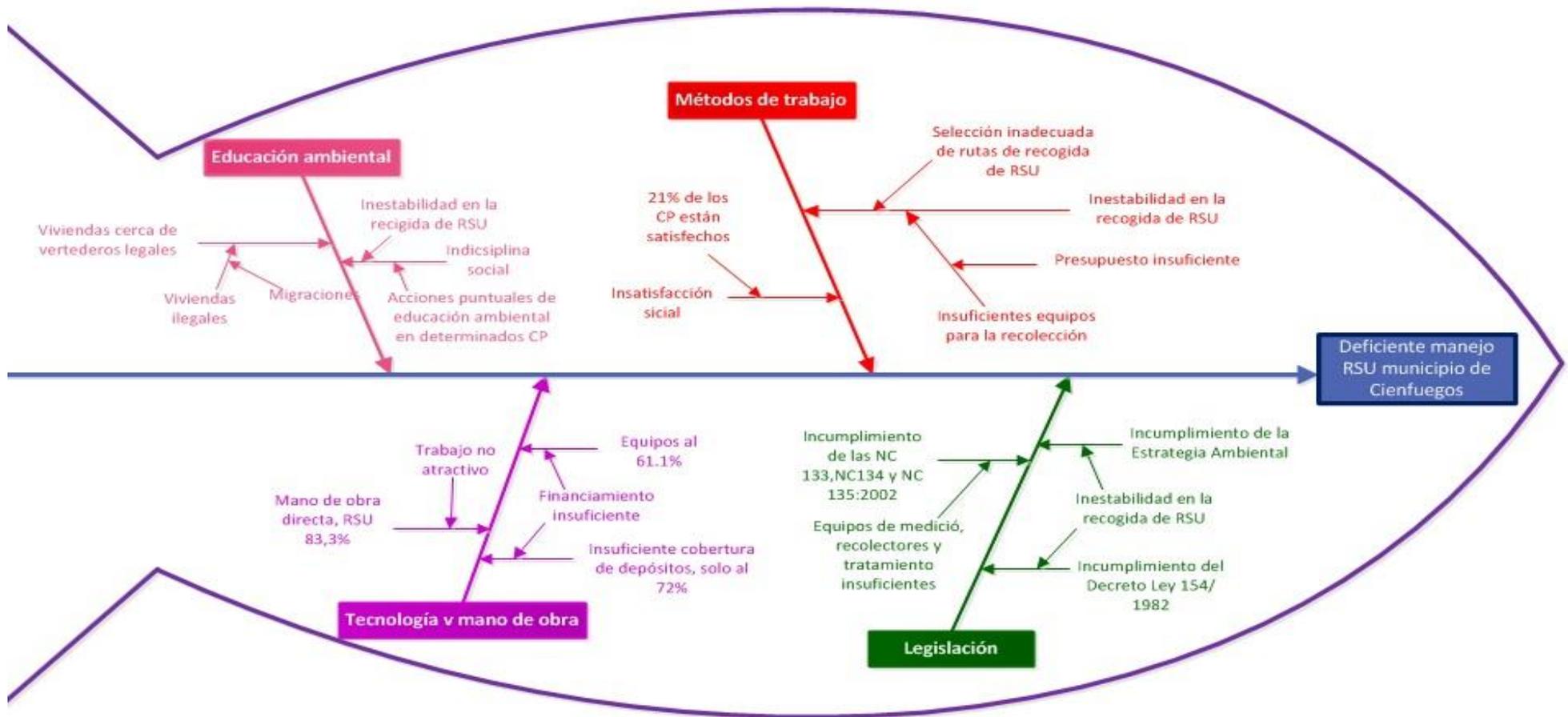


Figura 2.3: Diagrama Causa-Efecto para el análisis causal del manejo de RSU en el municipio de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Rodríguez y Abreus (2018).

Capítulo II



Figura 2.4: Total de equipos trabajando en el municipio de Cienfuegos en la recolección de RSU.

Fuente: Elaboración propia.

En el centro de la ciudad se utilizan los camiones recolectores y en los CP más alejados los tractores con carreta y camiones abiertos. Otra forma de mantener las calles limpias en el municipio es mediante el barrido de calles, actividad esta que comienza a partir de las 4:40 am hasta las 12:40 pm, con un doble barrido de 1:00 pm a 7:00 pm.

El manejo de los RSU se muestra a través de los indicadores descritos a continuación en las Tablas 2.9 y 2.10 y se aprecia su comportamiento durante el periodo 2010-2015 en la Figura 2.5.



Figura 2.5: Volumen total de RSU recolectados en el municipio de Cienfuegos en la recolección de RSU. **Fuente:** Elaboración propia.

Capítulo II



Tabla 2.9: Indicadores para el manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (ONEI, 2016)

Indicadores	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Área total de calles existentes	Mm ²	670,2	670,2	670,2	670,2	670,2	670,2
Área total de calles aptas para barrer	Mm ²	620	640	640	620	620	640,0
Área de calles barridas	Mm ²	330 825,0	330 447,4	330 069,8	344 444,7	334630,6	341 671,6
Total de vertederos	U	6	6	6	6	6	6
De ello: Con tratamiento sanitario	U	5	5	5	6	5	5
Volumen total desechos sólidos recolectados	Mm ³	265,9	225,7	233,6	258,0	266,0	270,3

Tabla 2.10: Definiciones metodológicas de los principales indicadores para el manejo de los RSU.

Fuente: Rodríguez y Abreus (2018).

Indicador	Descripción
Área total de calles existentes	Constituye el área total de calles que existen, con condiciones o sin condiciones para ser barridas.
Área de calles aptas para barrer	Constituye el área total de calles que, por sus condiciones (asfaltadas y con contenes), se haya determinado por los organismos competentes que están aptas para barrer, independientemente que se les preste el servicio o no.
Área de calles barridas	Comprende el área total de calles a las que se le prestó el servicio de barrido, ya sea manual o mecánico.
Volumen total de desechos sólidos recolectados	Constituye el total de basura recolectada de las viviendas, establecimientos, organismos, escuelas, etc., incluyendo el saneamiento
Total de vertederos	Total de vertederos existentes en el territorio, ya sean a cielo abierto o con relleno sanitario.

Capítulo II



En la Figura 2.5 se aprecia el volumen total de RSU recolectados en el municipio de Cienfuegos durante el periodo 2010- 2015. En ella se observa una disminución en el 2011, probablemente causado por la rebaja en el total de equipos en funcionamiento existente en ese año, como bien se explicó anteriormente en el análisis de la Figura 2.4. En los años posteriores se denota un aumento en la recolección de volumen de RSU.

Para la priorización de las acciones de mejora se utilizó la herramienta Análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (AMFEC), cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11: Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMFE). **Fuente:** Elaboración propia.

No	Entradas	Modos de fallos	Efectos de fallo	Sev	Causas potenciales	OCC	Acciones de mejora	DET.	RPN
1	Equipos de recolección	Recogida ineficiente de los RSU en los CP	Insatisfacción social	5	Insuficientes equipos para la recolección de los RSU	10	Gestionar financiamiento para la adquisición de nuevos equipos para la recogida de RSU en el municipio	7	350
			Contaminación ambiental en los CP	6		10		8	480
2	Volumen de RSU municipal	Aumento de volumen RSU	Contaminación ambiental en los CP	6	Insuficiente tratamiento de los RSU.	10	Propuesta de una tecnología para tratamiento eficiente de las RSU municipales	9	540
			Contaminación ambiental en las zonas de vertederos	8					720
		No se clasifica en el sector residencial los RSU	Mezcla de RSU orgánicos e inorgánicos	10					900
			Contaminación ambiental en las zonas de vertederos	8					720



Debido a que la segunda acción de mejora se le dio respuesta en la tesis de maestría de Rodríguez (2019), en la presente investigación se procede sobre la acción de mejora de la propuesta de una ruta de recolección de RSU de acuerdo a los equipos de recolección disponibles en el municipio de Cienfuegos.

2.5 Selección de un método para el diseño de rutas de recolección de RSU en el municipio de Cienfuegos

Para la determinación del método a utilizar con el fin de diseñar la propuesta de rutas para la recogida de los RSU en el municipio de Cienfuegos se utiliza el método de experto, este permite conocer las opiniones de los especialistas con mayor dominio del tema y realizar una investigación profunda. Se calcula el número de expertos necesarios a través de la siguiente expresión:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

Dónde:

k: Constante que depende del nivel de significación estadística. La determinación de la constante es acorde al nivel de confianza escogido para el trabajo ($\alpha=0.05$).

p: Proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos. (0.034)

j: Precisión del experimento ($i \leq 12$).

$1 - \alpha$	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

Para la selección de los miembros del equipo de trabajo los criterios a utilizar son:

- Años de experiencia.
- Vinculación a la actividad lo más directamente posible.
- Capacidad para trabajar en equipo.
- Conocimiento del tema a tratar.

Capítulo II



Luego de realizar los cálculos para determinar el número de expertos se obtiene que la cantidad de expertos deben ser once, los mismos integrantes del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos, profesores del Departamentos de Contabilidad y Finanzas (DCF), Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIIUCF), Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Gobierno municipal de Cienfuegos y la Unidad Presupuestada Municipal Comunales Cienfuegos, siendo estos:

- DrC. Mario Álvarez-Guerra Plasencia (CEEMA)
- DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- DrC. José Monteagudo Llanes (CEEMA)
- DraC. Dunia García Lorenzo (DCF-CEEMA)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- Lic. Raúl Alonso Conde (Comunales)
- MSc. Sandra Rodríguez Figueroa (DIIUCF)
- MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)
- MSc. Evelio Ángel Álvarez López (CITMA)
- Tec. Yakelín Jiménez Valero (Comunales)
- Lic. Daylin Moya Ríos (Comunales)

Para asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio se procede al cálculo del coeficiente de competencia de cada uno de ellos utilizándose la metodología de Cortés e Iglesias (2005). Se seleccionan aquellos expertos que tengan un coeficiente de competencia entre medio y alto. Dicho método se muestra en el Anexo 4. En la Tabla 2.12 se les realiza un análisis de experticia a dichos expertos.

Luego del análisis de estos procedimientos se determina que la herramienta más acertada para implementar en la investigación es el Problema del Cartero Chino, con un W de Kendall de 0,78 demostrando concordancia entre los expertos como se muestra en la Figura 2.6. El método resulta el más asociado a las características del proceso objeto de estudio. Además de su aplicación real en organismos públicos y empresas, está motivado por la necesidad de ofrecer mejores y variadas

Capítulo II



alternativas de soluciones a aquellas organizaciones que deben tratar cotidianamente con problemas de rutas y logística.

Tabla 2.12: Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto.

Fuente: Elaboración Propia.

Expertos	Coeficiente de conocimiento (Kc)	Coeficiente de argumentación (Ka)	Coeficiente de Competencia (Kcomp=Kc+Ka/2)	Nivel
1	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
2	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
3	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.96$	0.88	Alto
4	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
5	0.80	$0.2+0.5+2(0.03)+2(0.04)=0.84$	0.82	Alto
6	0.70	$0.3+0.4+4(0.03)=0.76$	0.73	Medio
7	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
8	0.90	$0.2+0.3+3(0.03)+0.04=0.63$	0.77	Medio
9	0.70	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.74	Medio
10	0.70	$0.3+0.4+0.03+4(0.03)=0.79$	0.76	Medio
11	0.70	$0.2+0.3+0.04+4(0.02)=0.62$	0.66	Medio

Prueba W de Kendall

Rangos		Estadísticos de contraste	
	Rango promedio	N	11
Problema del viajante de comercio	2,00	W de Kendall ^a	,780
Problema de rutas de vehículos	2,00	Chi-cuadrado	25,727
Problema del cartero chino	3,82	gl	3
Problema de rutas de arcos capacitados	2,18	Sig. asintót.	,000

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Figura 2.6: Prueba de W de Kendall. **Fuente:** Elaboración Propia.



2.5.1 Problema del Cartero Chino

El problema del cartero chino, también conocido como problema del circuito del cartero, el problema de los correos o problema de la inspección y selección de rutas, es el primer problema de rutas por arcos en el que se plantea la posibilidad de construir un ciclo euleriano con costo óptimo. Fue planteado originalmente por el matemático chino Kwan Mei-Ko (en algunas bibliografías lo vemos escrito como Guan Mei-Ko) en un artículo de un diario chino en 1960 y traducido al inglés en 1962 (Graphic Programming using odd and even points) (Guzmán y Arana, 2015).

Debido a su autor, Alan Goldman sugirió llamarlo "problema del cartero chino". Lo que Mei-Ko planteaba era el problema al que se enfrenta el cartero para repartir la correspondencia recorriendo la menor distancia posible, que matemáticamente consiste en encontrar un tour en el grafo de longitud mínima, sin embargo, el problema original dio lugar a multitud de variantes, que estudiaremos en los siguientes apartados (Guzmán y Arana, 2015).

Para describir de una forma adecuada el problema del cartero chino se presentan las diferentes formas de este algoritmo y se definen cada una de ellas (Guzmán y Arana, 2015).

2.5.1.1 Problema del cartero chino en un grafo no dirigido (CPP)

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

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

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



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

2.5.1.2 Problema del cartero chino en un grafo dirigido (DCPP)

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

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

Un grafo G fuertemente conexo y dirigido, contiene un tour euleriano si los grados de entrada, $d_t(v)$, y los grados de salida, $d_0(v)$, son iguales $\forall v \in V$. Se entiende por grado al número de arcos que salen o entran de un nodo determinado.

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

2.5.1.3 Problema del cartero chino en un grafo mixto (MCP)

El MCP (Minimum cycle cover problems) es el problema de encontrar un tour de costo mínimo en G , donde las aristas pueden ser atravesadas en una o en ambas direcciones. Una condición necesaria y suficiente para que exista solución es que G sea fuertemente conexo.

Se dice que el grafo G es par cuando cada vértice tiene grado par (número de arcos y aristas incidentes con él).

Sin embargo, en el caso particular en que el grafo es par, existen algoritmos polinomiales para resolver el MCP.

-El grafo G es par y simétrico. Este caso es trivial puesto que existe en G un tour euleriano.



-El grafo G es par pero no simétrico. En este caso, el MCPP puede ser resuelto óptimamente en tiempo polinomial utilizando un flujo de costo mínimo que haga el grafo simétrico.

Si el grafo G no es par, el problema es NP-completo y por lo tanto, es importante el desarrollo de algoritmos heurísticos que en tiempo polinomial produzcan “buenas” soluciones posibles para este caso en general.

Ventajas problema del cartero chino.

Robusté (2005), en su libro Logística del transporte, presenta algunas ventajas del problema del cartero chino, las cuales se presentan a continuación:

- ✓ Permite aprovechar la experiencia y la visión global, desde el primer momento de la modelización hasta la implantación práctica.
- ✓ Es especialmente útil en ciudades donde se carece de información geográfica digitalizada, hecho que se produce muy a menudo.

Desventajas problema del cartero chino

- ✓ Cualquier cambio en la topografía, generación, climatología, cambios en la velocidad de cruce del vehículo recolector, cambio en sentido de las calles; es necesario reformular toda la subrutina para encontrar rutas disponibles (Guzmán y Arana, 2015).
- ✓ Ninguno de los algoritmos presenta realmente soluciones óptimas, sólo obtendrá como resultado soluciones factibles (Guzmán y Arana, 2015).

2.6 Conclusiones

1. En el municipio de Cienfuegos se han realizado pocos estudios sobre la Gestión de los RSU por lo que existen deficiencias que afectan la gestión de los mismos provocando un deterioro en las condiciones higiénico sanitarias y estado de la calidad de vida.
2. La mayor deficiencia en la gestión de los RSU en el municipio de Cienfuegos está dada en la recolección de los RSU.

Capítulo II



3. Los RSU se depositan en vertederos a cielo abierto, el municipio de Cienfuegos cuenta con un total de siete y de ellos solo seis funcionan, los cuales están localizados por CP.
4. El método que mejor se adecua a las características del municipio de Cienfuegos seleccionado para el diseño de las nuevas rutas de recogida de RSU por el grupo de expertos es el método del Cartero Chino.

CAPÍTULO III

A





Capítulo III: Aplicación del método: Cartero Chino para el diseño de rutas de recolección de RSU en el municipio de Cienfuegos.

3.1 Introducción

En este capítulo se utiliza la metodología para la solución de problemas del ingeniero industrial, se caracteriza la Unidad Presupuestada Municipal Comunales Cienfuegos y por último se procede a la aplicación del método seleccionado para el diseño de rutas de recolección de RSU en el municipio de Cienfuegos.

3.2 Metodología de solución de problemas del ingeniero industrial

En el desarrollo de la investigación se utiliza para el análisis, la metodología para la solución de problemas como se muestra en la Figura 3.1.

Para su aplicación, en las etapas generales, se realizan las siguientes tareas:



Figura 3.1: Etapas generales de la solución de problemas en Ingeniería Industrial

Fuente: (Rodríguez, 2019).



3.2.1 Definición y análisis del problema

En esta etapa se procede a describir el problema de la organización objeto de estudio, se realiza el análisis del proceso, para ello se proponen la utilización de técnicas y herramientas tales como:

- Mapa de procesos.
 1. Mapa general de procesos.
 2. SIPOC.
 3. Flujogramas.
- Aplicación de listas de chequeo.
- Cuestionarios.
- Priorización de causas.
- Análisis estadísticos.
 1. Análisis de distribuciones.
 2. Capacidad de cumplir las especificaciones.
- Observación directa.
- Revisión de documentos.
- Métodos de expertos.

3.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución

Se une el paso de análisis y selección de la alternativa de solución con el paso de diseño de la solución, debido a que en la etapa anterior se realiza el análisis del problema, las causas y su priorización. En esta etapa se utilizará la metodología de la 5 Ws y 2 Hs o 5 Ws y 1 H que tiene como finalidad establecer el plan de mejora para lograr el objetivo de la investigación.

3.2.3 Implementación

En esta etapa se implementan las acciones de mejoras dándole seguimiento a la mejora del proceso de calibración a través de los indicadores establecidos en el proceso.



3.3 Aplicación de la metodología para la solución de problemas

Se aplican las etapas de la metodología para la solución de problemas con el fin de dar respuesta a la causa que incide en la inadecuada gestión de los RSU determinada en esta investigación.

3.3.1 Definición y análisis de los antecedentes y situación problemática en el del manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos

Para el análisis del problema se consultó el grupo de expertos previamente conformado en el epígrafe 2.5. Este grupo tiene un origen multidisciplinario proveniente de las instituciones que manipula la información del municipio en cuanto a manejo y gestión de los RSU como el Gobierno municipal de Cienfuegos, CEEMA, UCF, Unidad Presupuestada Municipal Comunales Cienfuegos y CITMA.

3.3.1.1 Análisis y antecedentes de este problema

El municipio de Cienfuegos genera alrededor de 295162,5 m³/habitante de RSU, siendo el mayor generador el CP Punta Gorda, seguido de Junco Sur con una generación de 21729,4 m³ por habitante y luego Pastorita Obourke con 21222,8 m³ por habitante como se observa en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Generación de RSU por CP en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración Propia.

Consejos Populares	Generación RSU (m ³ /año)	Consejos Populares	Generación RSU (m ³ /año)	Consejos Populares	Generación RSU (m ³ /año)
Paraíso	15131,7	La Gloria	18776,5	La Juanita	20386,4
Pastorita Obourke	212 22,8	Tulipán	14642,1	Juanita II	14145,7
Pueblo Griffo	195 19,4	La Barrera	5856,5	Caonao	17253,3
Punta Gorda.	22751,1	Buenavista	18 001,3	Pepito Tey	6937,7
Junco Sur	21729,4	San Lázaro	15 784,5	Castillo CEN	17027,2
Reina	18276,7	Rancho Luna	6752,4		
Centro Histórico	20656,7	Guaos	6167,6		

Capítulo III



La encargada de la gestión de los RSU en el municipio de Cienfuegos es la Unidad Presupuestada Municipal Comunes Cienfuegos, la cual se constituyó mediante la Resolución No. V 33/83 del Consejo de la Administración Municipal (CAM). Está subordinada al Órgano Municipal del Poder Popular y toma su nombre a partir de la Resolución 331/2015 del Consejo de la Administración Provincial (CAP). Cuenta actualmente con 6 subdirecciones: economía, recursos humanos, inversiones, higiene y necrología, transporte y abastecimiento, y floricultura y áreas verdes (Menéndez, 2015).

Está integrada por:

- ✓ Veintiuna zonas comunales.
- ✓ Cuatro cementerios.
- ✓ Tres funerarias.
- ✓ Seis vertederos.
- ✓ Una base de transporte con taller incluido.
- ✓ Una florería.
- ✓ Un vivero.
- ✓ Un jardín gigante.
- ✓ La unidad administrativa.

Tiene como misión satisfacer las necesidades individuales de los cuadros y sus reservas, que contribuya a lograr una eficiente y eficaz gestión administrativa, mejorando la calidad de los servicios que ofertan. La visión es ser una entidad insignia en la preparación y superación de cuadros y reservas y mantener un lugar cimero en la higienización, servicios de flores, áreas verdes y necrológicos. Su objeto social está amparado por la Resolución 1280/05 del CAM. Tiene declarado un total de 33 actividades a realizar aprobadas por el Ministerio de Economía y Planificación (MEP). La unidad no realiza todas las actividades aprobadas, solo ejecuta el 27% de los servicios declarados dentro de su objeto social.

Objetivos de trabajo de la Dirección Municipal de Comunes para el quinquenio 2015-2020:

1. Introducción paulatina de nuevas formas de gestión que reduzcan el presupuesto.

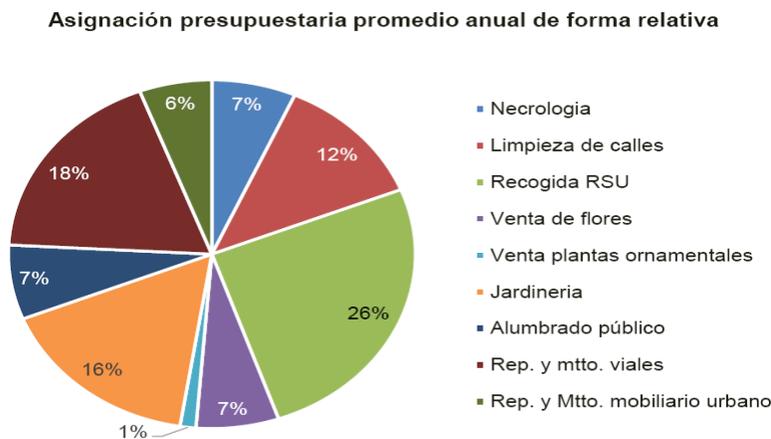
Capítulo III



- ✓ Alcanzar mayor eficiencia y satisfacción de la población, en las labores de aseo urbano, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.
- 2. Alcanzar mayor profesionalidad de los trabajadores que actúan en los servicios necrológicos.
- ✓ Elevar la calidad de los servicios funerarios y cementeriales mejorando el estado general de las funerarias y cementerios.
- 3. Reordenar las actividades de vivero, áreas verdes, floricultura y mobiliario urbano.
- ✓ Estudiar, analizar y proponer políticas con la finalidad de elevar la calidad de estos servicios y disminuir los gastos del presupuesto.
- 4. Desarrollar un adecuado control Interno sobre los recursos materiales y financieros e incrementar los ingresos en CUC.
- 5. Lograr niveles superiores en la gestión integral de los recursos humanos.
- ✓ Evaluar con cada establecimiento los trabajadores no necesarios, el trabajo con las comisiones de idoneidad y las plantillas, según las orientaciones que se reciban, con el fin de cumplimentar con mayor eficiencia y calidad las tareas que deben cumplir los servicios comunales.

La entidad cuenta con un grupo de 9 procesos a los cuales se les asigna presupuesto de manera anual para su funcionamiento como se muestra en la Figura 3.2.

Figura 3.2: Asignación presupuestaria promedio anual. **Fuente:** Elaboración Propia.



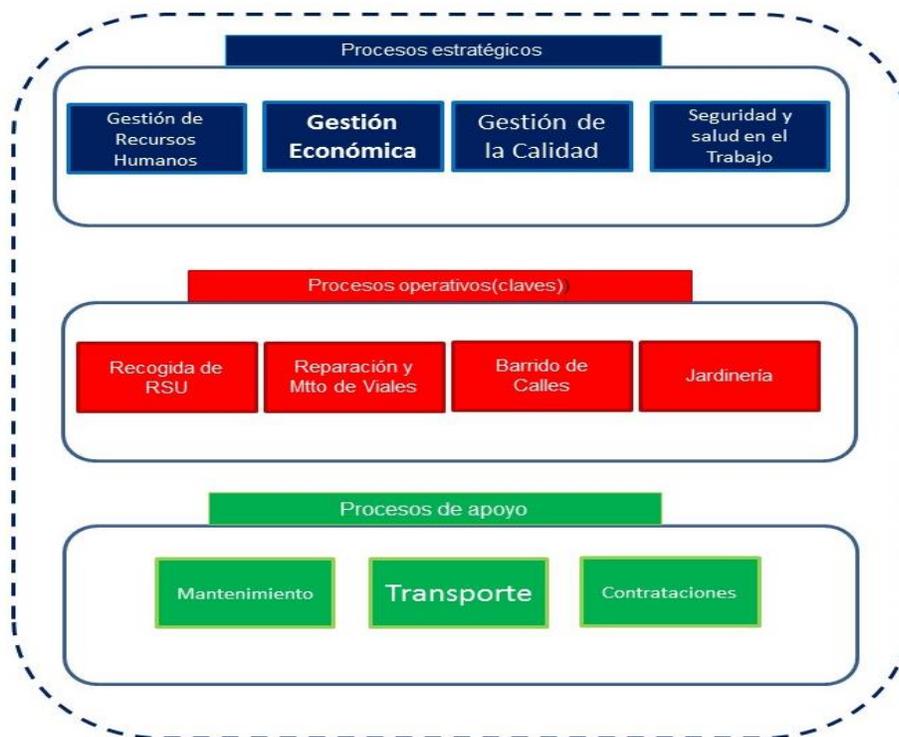
Capítulo III



Como se puede constatar en el Mapa General de Proceso de la Unidad Presupuestada Comunales Cienfuegos (Ver Figura 3.3) los que reciben mayor cantidad de presupuesto anual son los procesos clave de la misma, entre ellos el de Recogida de RSU, siendo el que mayor asignación presenta por su importancia y prioridad, seguido de la Reparación y Mantenimiento de Viales.

Figura 3.3: Mapa General de Proceso de la Unidad Presupuestada Comunales Cienfuegos.

Fuente: Elaboración Propia.



Para el proceso de Recogida de RSU en el municipio de Cienfuegos la entidad municipal de Servicios Comunales consta con una flota de 17 vehículos propios y 2 contratados, conformada por tractores y camiones pertenecientes a la entidad y rentados. Para realizar este proceso se les asigna una cantidad diaria de combustible según el CP y el consumo de los vehículos como se muestra en la Tabla 3.2.

Capítulo III



Tabla 3.2: Gasto de combustible diario por CP en la recogida de RSU. **Fuente:** Elaboración Propia.

Zonas	Consumo/día (litros)	Medio transportador	Numero de medios
Reina	30	tractor	1
Punta Gorda	60	camión	1
Centro Histórico	40	camión	1
La Gloria	31	camión	1
Juanita 1	55	camión	1
Juanita 2	30	tractor	1
San Lázaro	20	tractor	1
Pastorita Obourque	20	camión	1
Pueblo Griffo	20	tractor	1
Buena Vista	25	tractor	1
La Barrera	35	tractor	1
Tulipán	30	camión	1
Junco Sur	45	camión	1
Castillo CEN	20	tractor	1
Paraiso	30	tractor	1
Rancho Luna	25	camión	1
Guaos	30	camión	1
Caonao	25	tractor	1
Pepito Tey	30	tractor	1
Total	601		19

Capítulo III



Los CP de Junco Sur, Juanita 1 y Punta Gorda son los que mayor cantidad de combustible diaria consumen, ya sea por las distancias del recorrido, la ruta que siguen o su extensión territorial.

En la entidad se tramitan un número de quejas emitidas por la población a través del libro de quejas y sugerencias, en el cual se recogen todas las inconformidades y sugerencias de los pobladores del municipio. En los últimos 3 años se han presentado un grupo de quejas referidas a la recogida de los RSU por los diferentes CP del municipio de Cienfuegos. En la Tabla 3.3 se resumen aquellas que han incidido con mayor frecuencia en los diferentes CP los últimos 3 años.

Tabla 3.3: Quejas por CP del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Consejos Populares	Quejas		
	2016	2017	2018
Pueblo Griffo	Los vehículos recolectores de RSU pasan en horarios donde el personal que trabaja no se encuentra en su domicilio	Insuficientes vehículos de recolección	Presencia de malos olores e insectos producidos por la demora en la recogida de los RSU
Junco Sur		Presencia de malos olores e insectos producidos por la demora en la recogida de los RSU	Obstrucciones en el paso peatonal por las aceras debido a la acumulación de residuos en las esquinas
Pastorita Obourke		Los vehículos recolectores de RSU pasan en horarios de trabaja y no hay nadie en casa	
Juanita II	Los vehículos recolectores de RSU pasan en horarios de trabaja y no hay nadie en casa		
Buenvista	Insuficientes vehículos de recolección	Presencia de microvertederos locales debido a la ausencia de recogida de RSU en algunos lugares lejanos del CP	Debido a la insuficiencia de los equipos recolectores y la ausencia de contenedores los RSU permanecen días sin recogerse



3.3.2 Análisis, selección y diseño de la solución

El municipio de Cienfuegos cuenta con 19 CP de ellos 11 urbanos y 8 mixtos que responden a las necesidades gubernamentales y político – administrativas y son utilizados como base para el control territorial. Para la selección de los CP a los que se les diseñar una nueva ruta de recogida de RSU se tendrán en cuenta tres variables que se han mencionado en esta investigación: población, generación de RSU y quejas referentes a la recogida de RSU emitidas a la Unidad Presupuestada Municipal Comunes Cienfuegos. En la Tabla 3.4 se muestra el análisis de las tres variables a considerar.

Tabla 3.4: Generación de RSU, población y quejas emitidas por CP del municipio de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia.

Consejos Populares	Población (habitantes)	Generación RSU (m ³ /año)	Quejas	Consejos Populares	Población (habitantes)	Generación RSU (m ³ /año)	Quejas
Paraíso	8901	15131,7		La Gloria	11 045	18776,5	
Pastorita Obourke	12 484	21222,8	11	Tulipán	8 613	14642,1	
Pueblo Griffó	11 482	19519,4	34	La Barrera	3445	5856,5	
Punta Gorda.	13 383	22751,1		Buenvista	10 589	18 001,3	42
Junco Sur	12 782	21729,4	27	San Lázaro	9285	15784,5	
Reina	10 751	18276,7		Rancho Luna	3972	6752,4	
Centro Histórico	12 151	20656,7		Guaos	3628	6167,6	
La Juanita	11 992	20386,4	10	Pepito Tey	4081	6937,7	
Juanita II	8321	14145,7	9	Castillo CEN	10 016	17027,2	
Caonao	10 149	17253,3					



De acuerdo al análisis realizado quedan seleccionados para el diseño de una nueva ruta mediante el Método del Cartero Chino los CP de: Junco Sur, Buena Vista y Pueblo Grippo, debido a que estos se destacan dentro de las tres variables como altos generadores de RSU en el municipio, poseen una gran población y el mayor número de quejas presentadas en los últimos 3 años a la Unidad Presupuestada de Comunales Cienfuegos.

3.3.3 Aplicación de la metodología para el diseño de la propuesta de rutas para la recogida de los RSU en el municipio de Cienfuegos

Se procede a realizar el microruteo de cada uno de los CP seleccionados mediante la resolución del Problema del Cartero Chino cuya explicación se realiza a continuación.

3.3.3.1 Microruteo del CP Junco Sur para la recogida de los RSU.

Inicialmente se toma el mapa de cada uno de los CP con la ayuda de Google Maps, en la Figura 3.4 se puede observar el que corresponde al CP Junco Sur. Luego se realiza la transformación del mapa de cada uno de los CP en nodos y arcos conformando el diagrama de redes correspondiente a cada uno de los CP, en la Tabla 3.5 se muestra la simbología con la notación que se utiliza para conformar el diagrama de redes.



Figura 3.4: Mapa del CP Junco Sur. **Fuente:** Google Maps.



Tabla 3.5: Notación de las simbologías utilizadas en el ruteo de los CP. **Fuente:** Elaboración propia.

Simbología	Notación
	Nodo
	Arco no dirigido
	Arco dirigido
	Arco ficticio

En la Figura 3.5 se puede observar el diagrama de redes que corresponde al CP de Junco Sur. Se toman las esquinas de cada una de las calles como un nodo y las calles como arcos que conectan los nodos. Las letras que se presentan en la figura son la clasificación asignada.



Figura 3.5: Diagrama de redes del CP Junco Sur. **Fuente:** Elaboración propia.

A continuación se calculan las distancias entre cada uno de los nodos por medio de Google Maps. Las letras y números que se presentan en la Figura 3.6 son la clasificación y numeración asignada.

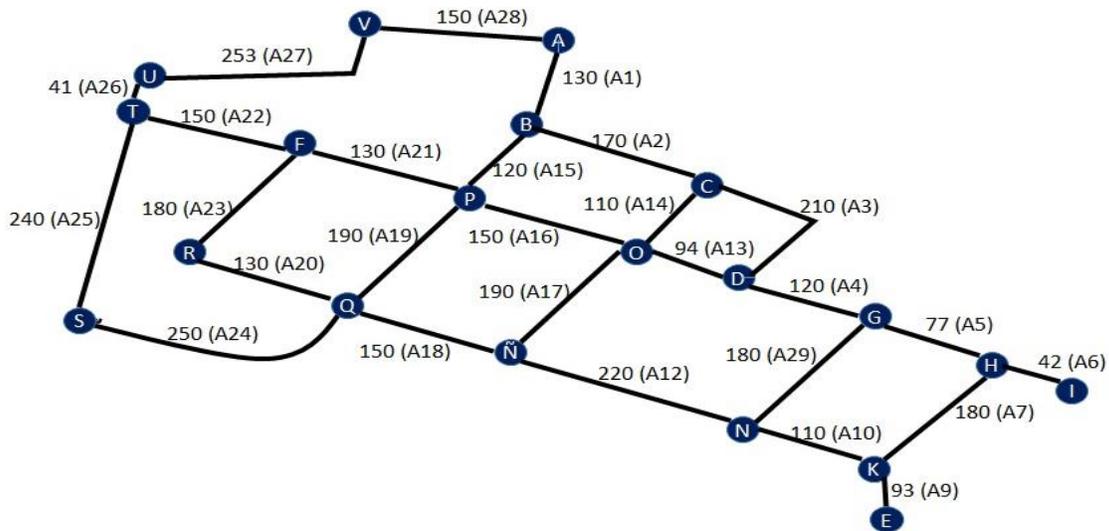


Figura 3.6: Diagrama de redes con distancias del CP Junco Sur. **Fuente:** Elaboración propia.

Luego, se analiza el número de arcos que se conectan (Grado del Nodo) con cada uno de los nodos que presente grado impar con el objetivo de convertirlos en pares mediante la creación de arcos artificiales para conformar así un camino Euleriano (Ver Tabla 3.6).

Tabla 3.6: Nodos impares. **Fuente:** Elaboración propia.

Nodos Impares	Número de arcos
B	3
C	3
D	3
E	1
F	3
G	3
H	3
I	1
K	3
N	3
Ñ	3
T	3

Capítulo III



Se realizan todas las combinaciones posibles calculando las distancias que se deben recorrer para llegar de un nodo a otro (Ver Anexo 6), con ayuda del Microsoft Excel se ordenan las combinaciones teniendo en cuenta las distancias de menor a mayor donde cada una de estas relaciones se van a llamar arcos ficticios (Ver Anexo 7), se toman los arcos ficticios que tengan las distancias mínimas, teniendo en cuenta que sólo se puede utilizar una sola vez cada nodo (Ver Tabla 3.7).

Tabla 3.7: Arcos ficticios. **Fuente:** Elaboración propia.

Arcos ficticios	Arcos	Arcos ficticios	Distancia
HI	A6	A35	42
EK	A9	A33	93
DG	A4	A32	120
FT	A22	A34	150
BC	A2	A30	170
NÑ	A12	A31	220

Seguido de esto se procede a trazar los arcos ficticios escogidos en el diagrama de redes basados en el análisis anterior, resaltándolos de color azul claro al igual que en resto de los CP, asignándoles su valor y un numero de arista como se muestra en la Figura 3.7.

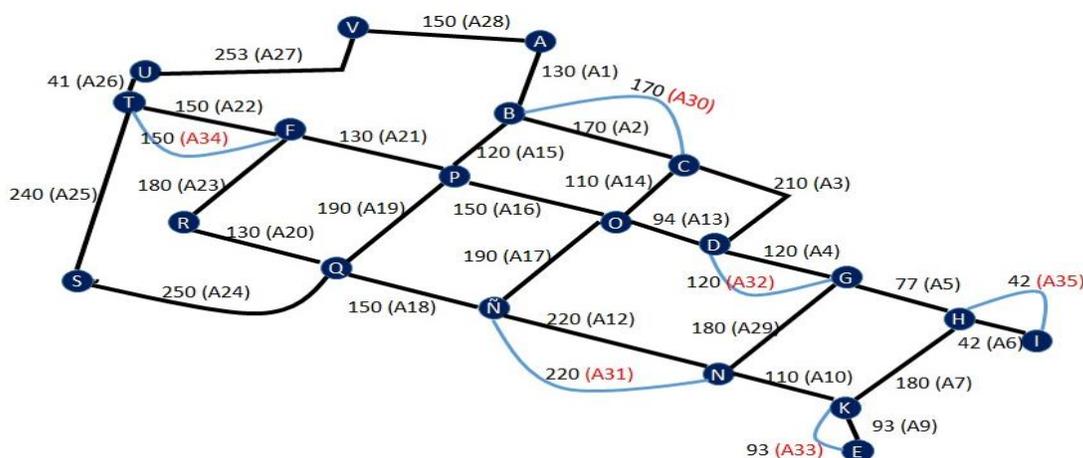


Figura 3.7: Diagrama de redes con arcos ficticios. **Fuente:** Elaboración propia.

Capítulo III



Mediante este paso se logra que todos los arcos que se conectan a un nodo sean pares, para lo cual existe un camino de Euler. Se procede a realizar el ruteo, considerando los arcos ficticios creados anteriormente, que indican que se debe pasar por ese arco como si fuese un arco normal. Para conocer el recorrido, primero se toma un nodo de inicio, que para este CP es el nodo A, y se empiezan a conectar por medio de arcos dirigidos con los demás nodos, teniendo en cuenta que sin importar con cual se conecte considerando la regla que solo se puede pasar una vez por cada arco, la distancia recorrida siempre va a ser la misma. La ruta conformada para este CP queda de la siguiente manera: A28;A27;A26;A22;A23;A20;A24;A25;A34;A21;A19;A18;A12;A29;A4;A13;A17;A31;A10;A9;A33;A7;A6; A35;A5;A32;A3;A14;A16;A15;A2;A30;A1, como se puede observar en la Figura 3.8.

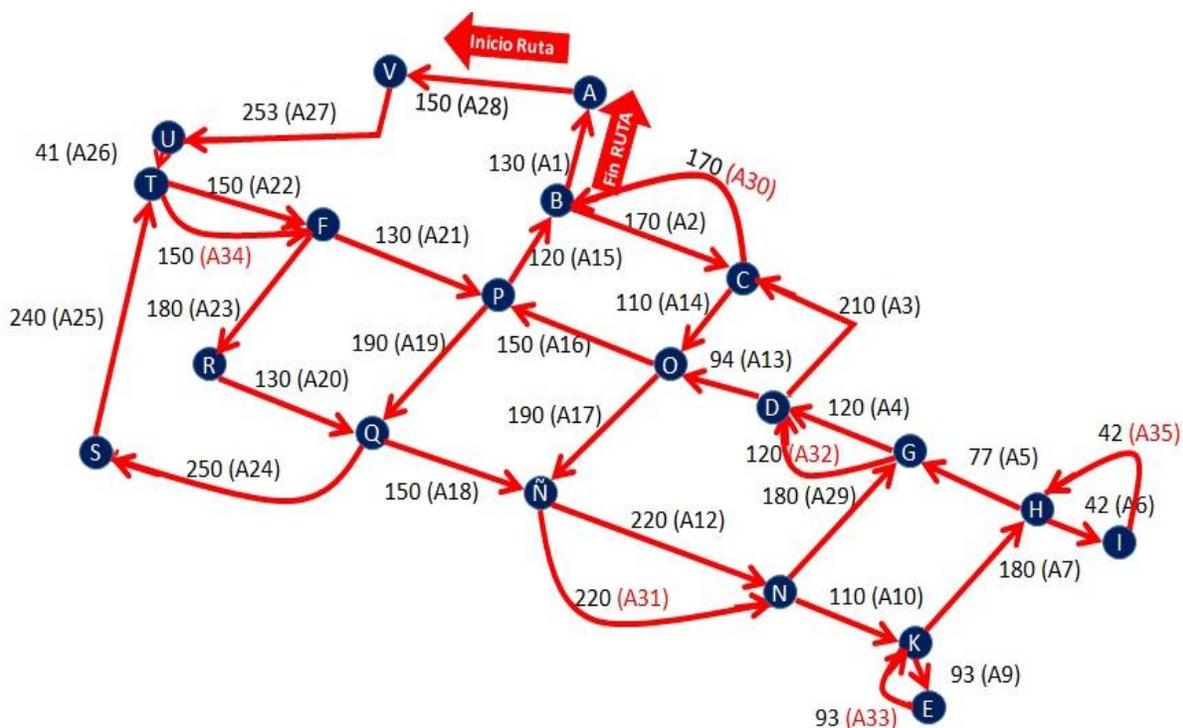


Figura 3.8: Ruta del CP Junco Sur. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo III



Se procede a calcular la distancia del recorrido propuesto del CP de Junco Sur con los valores de la distancia de todos sus arcos que se muestran en la Tabla 3.8. Obteniéndose que la distancia a recorrer para la recogida de los RSU en el CP de Junco Sur es de 4675 metros equivalente a 4,676 kilómetros.

Tabla 3.8: Distancia del recorrido propuesto. **Fuente:** Elaboración propia

Arcos	Distancia	Arcos	Distancia
A1	130	A20	130
A2	170	A21	130
A3	210	A22	150
A4	120	A23	180
A5	77	A24	250
A6	42	A25	240
A7	180	A26	41
A9	93	A27	253
A10	110	A28	150
A12	220	A30	170
A13	94	A31	220
A14	110	A32	120
A15	120	A33	93
A16	150	A34	150
A17	190	A35	42
A18	150	TOTAL DE RUTA	4675
A19	190		

Seguidamente se realiza el cálculo de los beneficios en función del consumo de combustible de cada vehículo teniendo en cuenta las distancia que recorría con anterioridad y la propuesta elaborada mediante el Método del Cartero Chino. Se tiene que al CP de Junco Sur se le asignan 45 litros de petróleo diario de los cuales en la recogida de RSU del CP se consumen 39,24 litros de petróleo con el recorrido actual de unos 15,696 kilómetros, el resto del combustible se consume en el traslado de estos al vertedero municipal desde donde parte el vehículo. Con la ruta propuesta se ahorran 37,37 litros de petróleo diaria pues el consumo del camión es de 2,5 kilómetros por litro, lo que ahorraría a la entidad al año unos 313 908 pesos cubanos (CUP) además de 12 556,32 litros de petróleo solo en ese CP como se muestran en la Tabla 3.9.



Tabla 3.9: Tabla de beneficio en costos. **Fuente:** Elaboración propia

Costo recorrido actual	39,24 L/día
Costo recorrido propuesto	1.87 L/día
Beneficio obtenido	37,37 L/día
Ahorro Mensual en Pesos Cubanos (CUP)	26 159
Ahorro Anual en CUP	313 908

3.3.3.2 Microruteo del CP Buena Vista para la recogida de los RSU.

Como se describe en el subepígrafe anterior inicialmente se toma el mapa del CP Buena Vista con la ayuda de Google Maps que se muestra en la Figura 3.9.

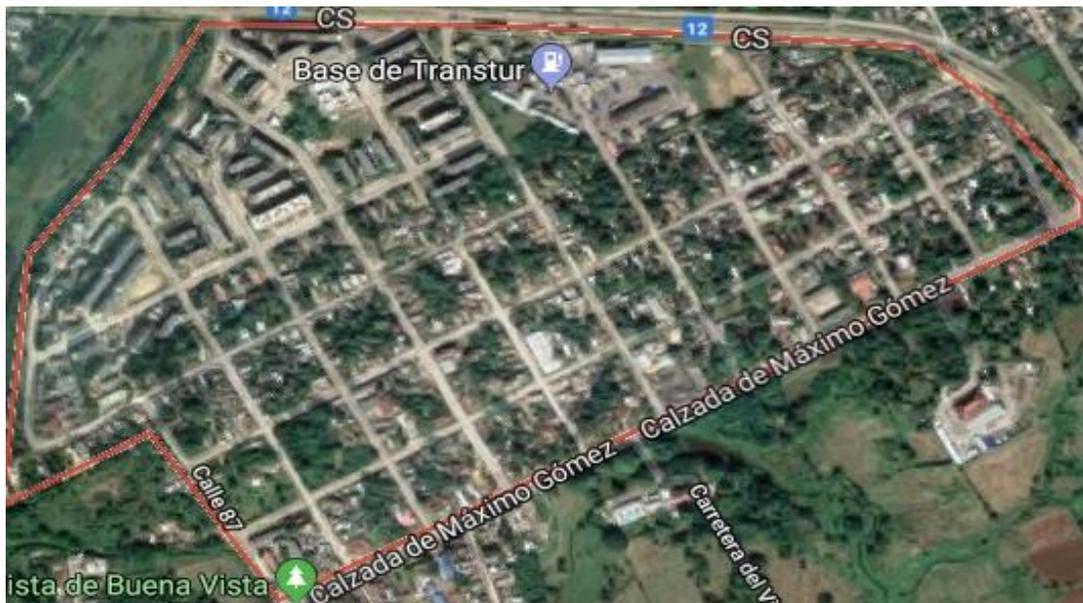


Figura 3.9: Mapa del CP Buena Vista. **Fuente:** Google Maps

Luego se realiza la transformación del mapa en nodos y arcos conformando el diagrama de redes correspondiente al CP de Buena Vista como se puede observar en la Figura 3.10.

Capítulo III

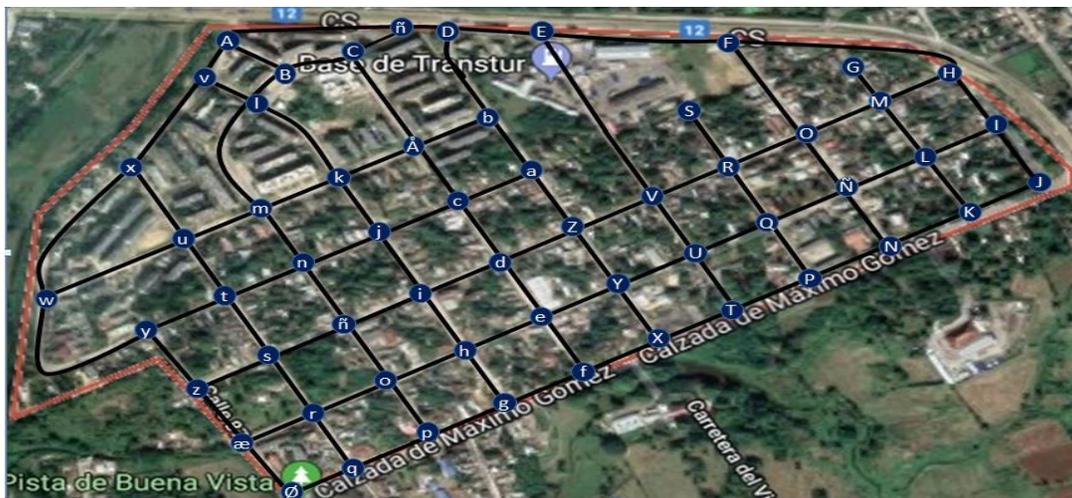


Figura 3.10: Diagrama de redes del CP Buena Vista. **Fuente:** Elaboración propia.

A continuación se calculan las distancias entre cada uno de los nodos por medio de Google Maps. Las letras y números que se presentan en la Figura 3.11 son la clasificación y numeración asignada.

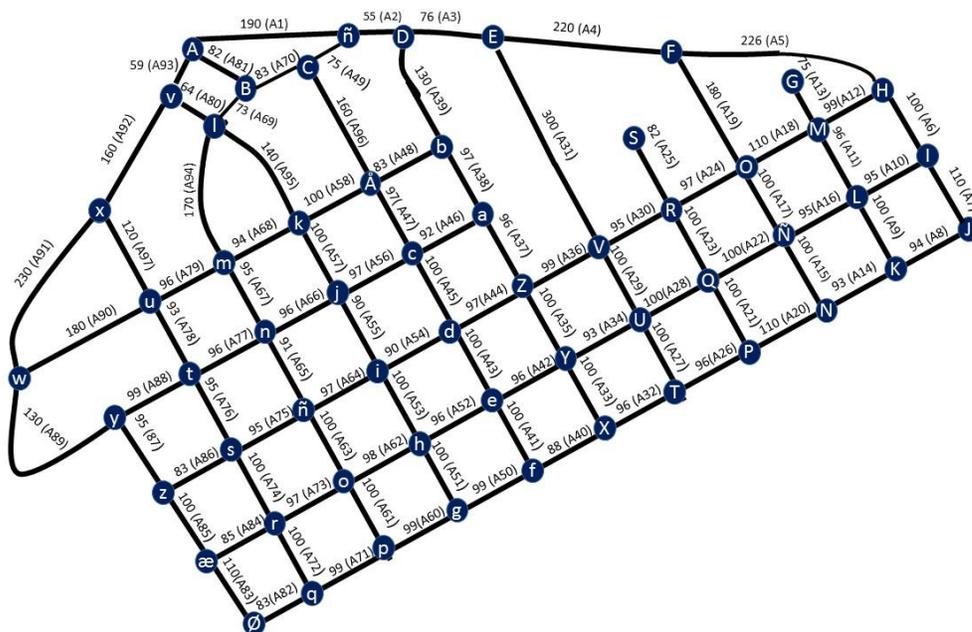


Figura 3.11: Diagrama de redes con distancias del CP Buena Vista. **Fuente:** Elaboración propia.

Capítulo III



Se procede a realizar el análisis del número de arcos que se conectan con cada uno de los nodos que presente grado impar como se muestra a continuación en la Tabla 3.10 con el objetivo de convertirlos en pares mediante la creación de arcos artificiales para conformar así un camino Euleriano.

Se realizan todas las combinaciones posibles calculando las distancias que se deben recorrer para llegar de un nodo a otro (Ver Anexo 8), con ayuda del Microsoft Excel se ordenan las combinaciones teniendo en cuenta las distancias de menor a mayor donde cada una de estas relaciones se van a llamar arcos ficticios (Ver Anexo 9), se toman los arcos ficticios que tengan las distancias mínimas, teniendo en cuenta que sólo se puede utilizar una sola vez cada nodo (Ver Tabla 3.11).

Tabla 3.10: Nodos impares. **Fuente:** Elaboración propia.

Nodos Impares	Número de Arcos	Nodos Impares	Número de Arcos
A	3	x	3
B	3	W	3
C	3	Y	3
ñ	3	z	3
D	3	æ	3
E	3	q	3
F	3	p	3
G	1	g	3
H	3	f	3
I	3	X	3
S	1	T	3
b	3	P	3
a	3	N	3
v	3	K	3
		J	3



Tabla 3.11: Arcos ficticios. **Fuente:** Elaboración propia.

Arco ficticio	Arco	Arco ficticio	Distancia
ñD	A2	A100	55
Av	A93	A101	59
BC	A70	A102	83
fX	A40	A103	88
NK	A14	A104	93
yz	A87	A105	95
TP	A26	A106	96
ba	A38	A107	97
pğ	A60	A108	99
HI	A6	A109	100
EF	A4	A110	220
xW	A91	A111	230
GS	A13,A18,A24,A25	A112	364
aeq	A84,A72	A113	185

Se trazan los arcos ficticios escogidos basado en el análisis anterior en el diagrama de redes, se resaltan de color azul claro asignándoles su valor y un numero de arista como se evidencia en la Figura 3.12.

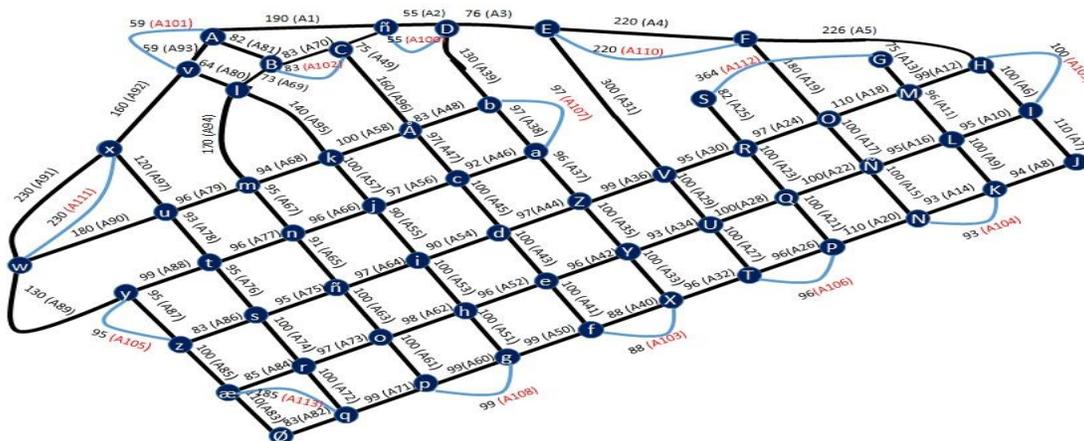


Figura 3.12: Diagrama de redes con arcos ficticios. **Fuente:** Elaboración propia.

Capítulo III



Mediante este paso se logra que todos los arcos que se conectan a un nodo sean pares, para lo cual existe un camino de Euler. Se procede a realizar el ruteo, considerando los arcos ficticios creados anteriormente, que indican que se debe pasar por ese arco como si fuese un arco normal (Ver Figura 3.13). Para conocer el recorrido, primero se toma un nodo de inicio, que para este CP es el nodo A, y se empiezan a conectar por medio de arcos dirigidos con los demás nodos, teniendo en cuenta que sin importar con cual se conecte considerando la regla que solo se puede pasar una vez por cada arco, la distancia recorrida siempre va a ser la misma. La ruta conformada para este CP queda de la siguiente manera: A93; A92; A91; A98; A87; A85; A83; A82; A72; A74; A76; A78; A97; A111; A90; A79; A68; A58; A48; A38; A46; A56; A66; A77; A88; A105; A86; A75; A64; A54; A44; A36; A30; A25; A112; A13; A12; A6; A10; A16; A22; A28; A34; A42; A52; A62; A73; A84; A113; A71; A60; A51; A53; A55; A57; A95; A80; A101; A81; A69; A94; A67; A65; A63; A61; A108; A50; A40; A33; A35; A37; A107; A39; A100; A49; A70; A102; A96; A47; A45; A43; A41; A103; A32; A26; A21; A23; A24; A18; A11; A9; A14; A15; A17; A19; A110; A31; A29; A27; A106; A20; A104; A8; A7; A109; A5; A4; A3; A2; A1, como se puede observar en la Figura 3.8.

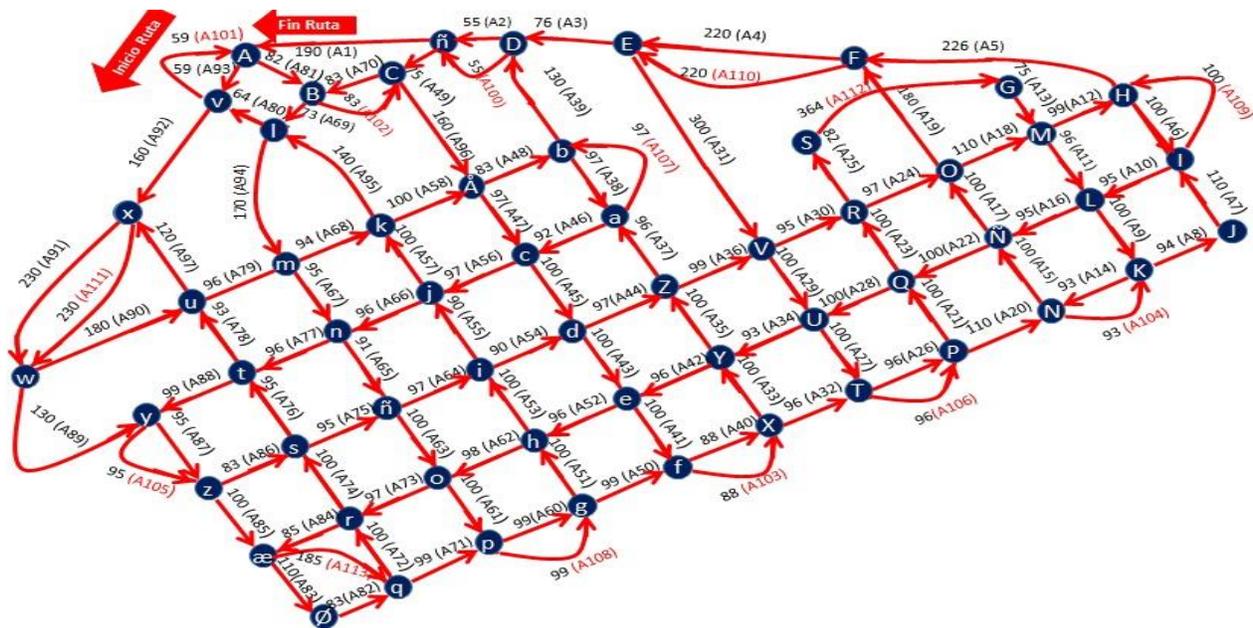


Figura 3.13: Ruta del CP Buena Vista. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo III



Se continua con el cálculo de la distancia del recorrido propuesto del CP de Buena Vista con los valores de la distancia de todos sus arcos que se muestran en la Tabla 3.12. Obteniéndose que la distancia a recorrer para la recolección de los RSU en el CP de Buena Vista es de 11 996 metros, equivalente a 11,996 kilómetros.

Tabla 3.12: Distancia del recorrido propuesto. **Fuente:** Elaboración propia.

Nodos	Distancia												
A1	190	A17	100	A33	100	A49	75	A66	96	A82	83	A100	55
A2	55	A18	110	A34	93	A50	99	A67	95	A83	110	A101	59
A3	76	A19	180	A35	100	A51	100	A68	94	A84	85	A102	83
A4	220	A20	110	A36	99	A52	96	A69	73	A85	100	A103	88
A5	226	A21	100	A37	96	A53	100	A70	83	A86	83	A104	93
A6	100	A22	100	A38	97	A54	90	A71	99	A87	95	A105	95
A7	110	A23	100	A39	130	A55	90	A72	100	A88	99	A106	96
A8	94	A24	97	A40	88	A56	97	A73	97	A89	130	A107	97
A9	100	A25	82	A41	100	A57	100	A74	100	A90	180	A108	99
A10	95	A26	96	A42	96	A58	100	A75	95	A91	230	A109	100
A11	96	A27	100	A43	100	A60	99	A76	95	A92	160	A110	220
A12	99	A28	100	A44	97	A61	100	A77	96	A93	59	A111	230
A13	75	A29	100	A45	100	A62	98	A78	93	A94	170	A112	364
A14	93	A30	95	A46	92	A63	100	A79	96	A95	140	A113	185
A15	100	A31	300	A47	97	A64	97	A80	64	A96	160	TOTAL	11996
A16	95	A32	96	A48	83	A65	91	A81	82				

Seguidamente se realiza el cálculo de los beneficios en función del consumo de combustible de cada vehículo teniendo en cuenta las distancia que recorría con anterioridad y la propuesta elaborada mediante el Método del Cartero Chino. Se tiene que al CP de Buena Vista se le asignan 25 litros de petróleo diaria de los cuales en la recogida de RSU del CP se consumen 22,35 con el recorrido actual de unos 89,4 kilómetros, el resto del combustible se consume en el traslado de estos al vertedero



municipal desde donde parte el vehículo. Con la ruta propuesta se ahorran 19,45 litros de petróleo al día pues el consumo del camión es de 4 kilómetros por litro, lo que ahorraría a la entidad al año unos 163 380 CUP además de 6 535,2 litros de petróleo solo en ese CP como se muestran en la Tabla 3.13

Tabla 3.13: Tabla de beneficio en costos. **Fuente:** Elaboración propia

Costo recorrido actual	22,35 L/día
Costo recorrido propuesto	2.99 L/día
Beneficio obtenido	19,45 L/día
Ahorro Mensual en Pesos Cubanos (CUP)	13 615
Ahorro Anual en CUP	163 380

3.3.3.3 Microruteo del CP Pueblo Griffó para la recogida de los RSU.

Se toma el mapa del CP de Pueblo Griffó con la ayuda de Google Maps el cual se muestra en la Figura 3.14.

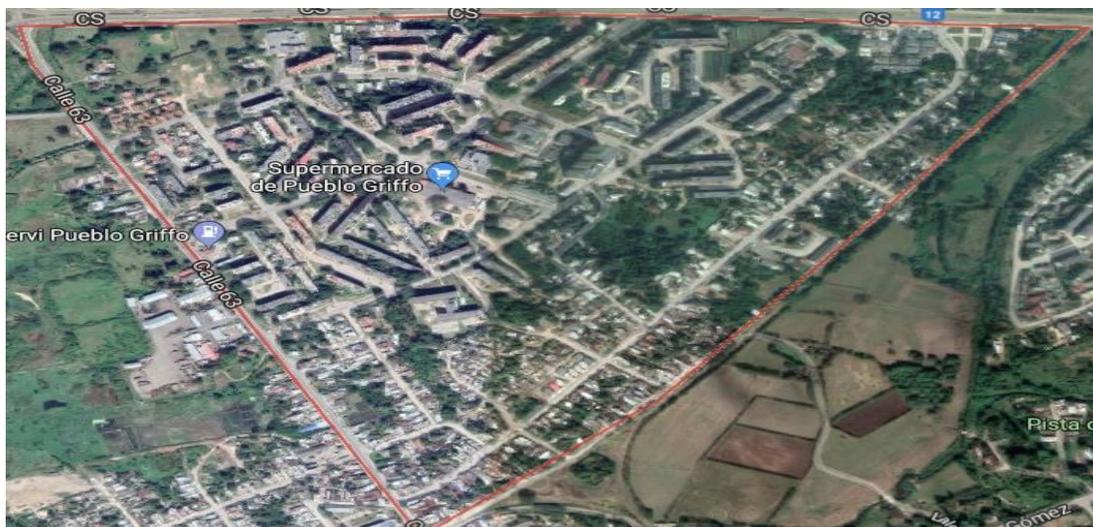


Figura 3.14: Mapa del CP Pueblo Griffó. **Fuente:** Google Maps

Capítulo III



Luego se realiza la transformación del mapa en nodos y arcos conformando el diagrama de redes correspondiente al CP de Pueblo Griffo como se puede observar en la Figura 3.15.



Figura 3.15: Diagrama de redes del CP Pueblo Griffo. **Fuente:** Elaboración propia.

A continuación se calculan las distancias entre cada uno de los nodos por medio de Google Maps. Las letras y números que se presentan en la Figura 3.16 son la clasificación y numeración asignada.

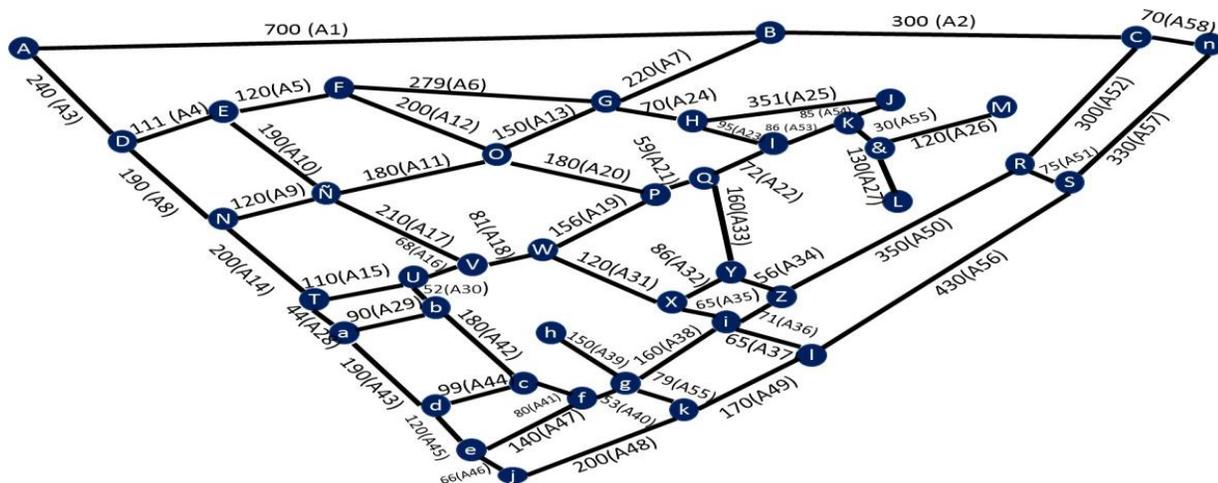


Figura 3.16: Diagrama de redes con distancias del CP Pueblo Griffo. **Fuente:** Elaboración propia.



Se procede a realizar el análisis del número de arcos que se conectan con cada uno de los nodos que presente grado impar como se muestra a continuación en la Tabla 3.14 con el objetivo de convertirlos en pares mediante la creación de arcos artificiales para conformar así un camino Euleriano.

Tabla 3.14: Nodos impares. **Fuente:** Elaboración propia.

Nodo	Arcos	Nodo	Arcos
B	3	T	3
C	3	U	3
D	3	V	3
E	3	W	3
F	3	X	3
H	3	Y	3
I	3	Z	3
K	3	a	3
L	1	b	3
M	1	c	3
&	3	d	3
N	3	e	3
P	3	f	3
Q	3	h	1
R	3	k	3
S	1	l	3

Se realizan todas las combinaciones posibles calculando las distancias que se deben recorrer para llegar de un nodo a otro (Ver Anexo 10), con ayuda del Microsoft Excel se ordenan las combinaciones teniendo en cuenta las distancias de menor a mayor donde cada una de estas relaciones se van a



llamar arcos ficticios (Ver Anexo 11), se toman los arcos ficticios que tengan las distancias mínimas, teniendo en cuenta que sólo se puede utilizar una sola vez cada nodo (Ver Tabla 3.15).

Tabla 3.15: Arcos ficticios. **Fuente:** Elaboración propia.

Ruta	Arcos	Arcos Artificiales	Distancia
K&	A55	A74	30
Ta	A28	A62	44
Ub	A30	A68	52
YZ	A34	A69	56
PQ	A21	A72	59
RS	A51	A70	75
cf	A41	A64	80
VW	A18	A67	81
HI	A23	A73	95
DE	A4	A60	111
de	A45	A63	120
XI	A35,A37	A66	130
hk	A39,A55	A65	229
BC	A2	A59	300
LM	A27,A26	A71	250
FN	A5,A10,A9	A61	430

Seguido de esto se procede a trazar los arcos ficticios escogidos en el diagrama de redes basados en el análisis anterior, resaltándolos de color azul claro al igual que en resto de los CP, asignándoles su valor y un numero de arista como se muestra en la Figura 3.17.

Capítulo III

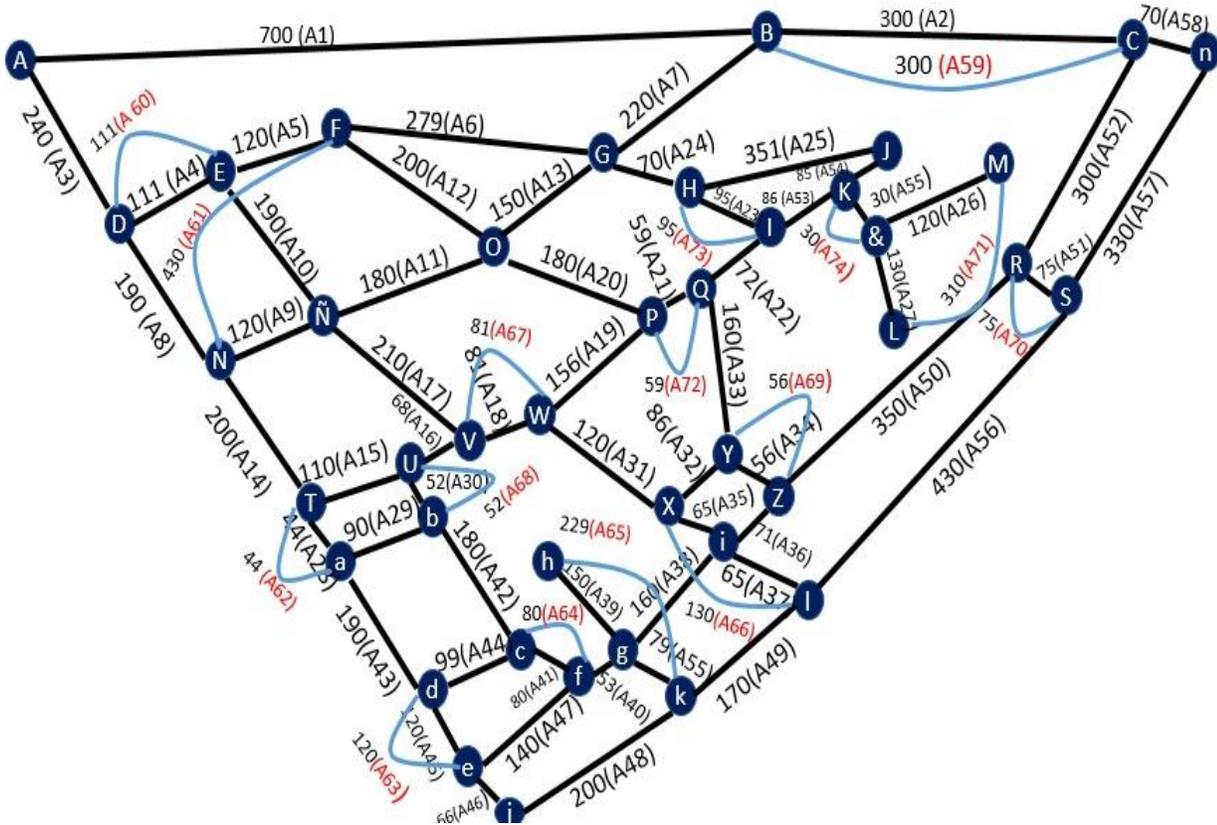


Figura 3.17: Diagrama de redes con arcos ficticios. **Fuente:** Elaboración propia.

Mediante este paso se logra que todos los arcos que se conectan a un nodo sean pares, para lo cual existe un camino de Euler. Se procede a realizar el ruteo, considerando los arcos ficticios creados anteriormente, que indican que se debe pasar por ese arco como si fuese un arco normal (Ver Figura 3.18). Para conocer el recorrido, primero se toma un nodo de inicio, que para este CP es el nodo A, y se empiezan a conectar por medio de arcos dirigidos con los demás nodos, teniendo en cuenta que sin importar con cual se conecte considerando la regla que solo se puede pasar una vez por cada arco, la distancia recorrida siempre va a ser la misma. La ruta conformada para este CP queda de la siguiente manera: A3; A8; A9; A10; A4, A60; A5; A61, A14, A28; A29; A30; A15; A62; A43; A45; A47; A41; A44; A63; A46; A48; A65; A39; A55; A49; A56; A51; A50; A34; A69, A36; A37; A66; A31; A19; APQ; A72;

Capítulo III



A20; A13; A6; A12; A11; A17; A18; A67; A16; A30; A42; A64; A40; A38; A35; A32; A33; A22; A53; A55; A27; A71; A26; A74; A54; A25; A73; A23; A24; A7; A59; A52; A70; A57; A58; A2; A1, como se puede observar en la Figura 3.18.

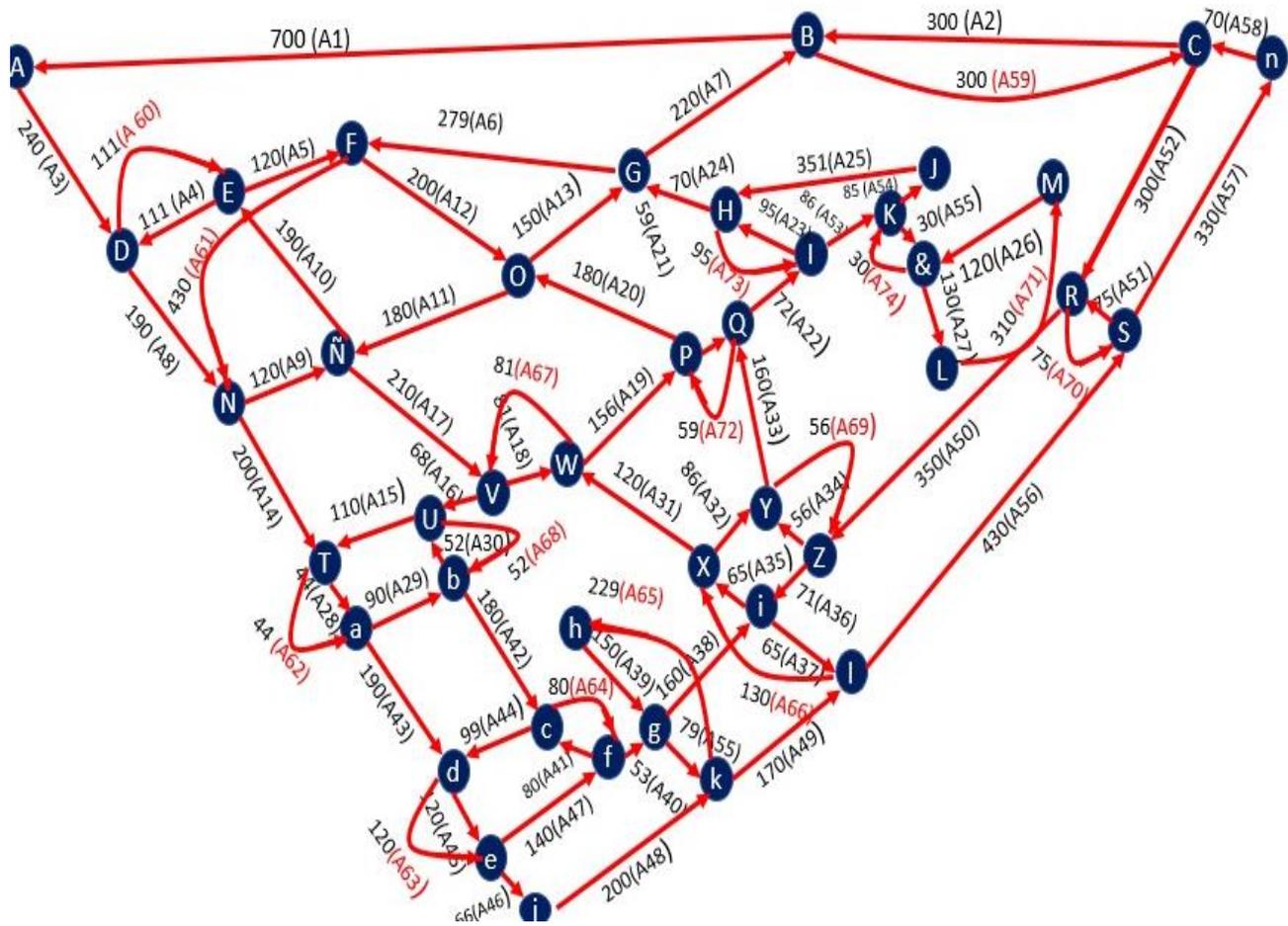


Figura 3.18: Ruta del CP Pueblo Griffó. **Fuente:** Elaboración propia.

Se procede a calcular la distancia del recorrido propuesto del CP de Pueblo Griffó con los valores de la distancia de todos sus arcos que se muestran en la Tabla 3.16. Obteniéndose que la distancia a recorrer para la recogida de los RSU en el CP es de 11 277 metros equivalente a 11,277 kilómetros.

Capítulo III



Tabla 3.16: Distancia del recorrido propuesto. **Fuente:** Elaboración propia.

Arcos	Distancia								
A1	700	A17	210	A32	86	A48	200	A64	80
A2	300	A18	81	A33	160	A49	170	A65	229
A3	240	A19	156	A34	56	A50	350	A66	130
A4	111	A20	180	A35	65	A51	75	A67	81
A5	120	A21	59	A36	71	A52	300	A68	52
A6	279	A22	72	A37	65	A53	86	A69	56
A7	220	A23	95	A38	160	A54	85	A70	75
A8	190	A24	70	A39	150	A55	30	A71	250
A9	120	A25	351	A40	53	A56	430	A72	59
A10	190	A26	150	A41	80	A57	330	A73	95
A11	180	A27	160	A42	180	A58	70	A74	30
A12	200	A28	44	A43	190	A59	300	Total	11277
A13	150	A29	90	A44	99	A60	111		
A14	200	A30	52	A45	120	A61	430		
A15	110	A31	120	A46	66	A62	44		
A16	68			A47	140	A63	120		

Seguidamente se realiza el cálculo de los beneficios en función del consumo de combustible de cada vehículo teniendo en cuenta las distancia que recorría con anterioridad y la propuesta elaborada mediante el Método del Cartero Chino. Se tiene que al CP de Pueblo Griffo se le asignan 20 litros de petróleo diaria de los cuales en la recogida de RSU del CP se consumen 18,25 con el recorrido actual de unos 73 kilómetros, el resto del combustible se consume en el traslado de estos al vertedero municipal desde donde parte el vehículo. Con la ruta propuesta se ahorran 15,43 litros de petróleo al día pues el consumo del camión es de 4 kilómetros por litro, lo que ahorraría a la entidad al año unos 129 612 CUP además de 5 024,48 litros de petróleo solo en ese CP como se muestran en la Tabla 3.17



Tabla 3.17: Tabla de beneficio en costos. **Fuente:** Elaboración propia

Costo recorrido actual	18,25 L/día
Costo recorrido propuesto	2,82 L/día
Beneficio obtenido	15,43 L/día
Ahorro Mensual en CUP	10 801
Ahorro Anual en CUP	129 612

3.4 Conclusiones Parciales

1. La recolección de RSU en el municipio de Cienfuegos es llevada a cabo por la Unidad Presupuestada Comunes Cienfuegos; quienes han recibido quejas referentes a este servicio durante los últimos tres años en diferentes CP.
2. Los CP seleccionados para el diseño de una nueva ruta de recogida de RSU con el método del Cartero Chino teniendo en cuenta, las quejas emitida, la población y la generación de RSU son: Pueblo Griffó, Junco Sur y Buena Vista.
3. Con las rutas propuestas para la recogida de RSU utilizando el Método del Cartero Chino en los Consejos Populares se obtienen como resultado:
 - El CP de Junco Sur reduce su ruta a 4,67 km con un ahorro de combustible de 37,37 L de petróleo/día, representando esto un total de 313 908 pesos al año.
 - El CP de Buena Vista reduce su ruta a 11,996 km con un ahorro de combustible de 19,47 L de petróleo/día, representando esto un total de 163 380 pesos al año.
 - El CP de Pueblo Griffó reduce su ruta a 11,277 km con un ahorro de combustible de 15,43 L de petróleo/día.

CONCLUSIONES



A

Conclusiones Generales

La presente investigación arriba a las siguientes conclusiones:

1. En el mundo la generación de RSU crece a un paso alarmante por lo que su correcta gestión y manipulación ha causado un interés internacional, para ello se aplican diferentes métodos de tratamiento y de ruteo para su recolección y disposición final.
2. La provincia de Cienfuegos presenta uno de los mayores índices de generación de RSU per cápita al día de 0,58 siendo así la sexta provincia del país con mayor generación de RSU de Cuba. El municipio Cienfuegos al tener la mayor población de la provincia es el mayor generador de la misma.
3. El método que mejor se adecua para el diseño de rutas de recogida de RSU teniendo en cuenta las características del municipio de Cienfuegos es el Método del Cartero Chino.
4. Las nuevas rutas de los CP de Junco Sur, Buena Vista y Pueblo Griffo ahorran un total de 72,31 L/petróleo al día siendo esto equivalente a unos 24 296,16 L de petróleo/año además de 607 404 CUP por concepto de petróleo no consumido en la entidad.



RECOMENDACIONES

A



Recomendaciones

Al término de esta investigación se recomienda:

1. A la Unidad Presupuestada Comunales Cienfuegos aplicar el Método del Cartero Chino al resto de los CP para rediseñarles su ruta.
2. Incorporar al proyecto Gestión de RSU en la localidad cienfueguera (III Fase), que responde a la línea estratégica No. 4: las nuevas rutas trazadas y sus beneficios económicos.
3. Socializar estos resultados al Gobierno Municipal para que se tengan en cuenta para la valoración del proyecto de RSU de cooperación con la Unión Europea.

BIBLIOGRAFIA

A



BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

- Abarca, L., Maas, G., & Hogland, W. (2016). Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo, 28(2), 141-168.
- Afonso, T. (2014). *Optimización de rutas de recogida de residuos en zonas mixtas urbana-rurales y orografía singular*. Universidad de La Laguna.
- AIDIS, A. I. de I. S. y A. (2005). Directrices para la gestión integrada y Sostenible de residuos sólidos urbanos En América Latina y El Caribe. Recuperado a partir de <http://www.aidis.org.br>
- Alcalá, J. (2019). El reciclaje beneficia a la economía y el medio ambiente. Recuperado a partir de <https://hermandadblanca.org/reciclaje-beneficia-la-economia-medio-ambiente>
- Alfonso, V. (1996). Los residuos. Residuos sólidos urbanos y política de residuos.
- Álvarez, M., & Parra, J. (2013). Teoría de Grafos.
- Álvarez, R. (2017). *Propuesta de solución al problema de ruteo de vehículos en el operador logístico operar s.a. para el transporte y distribución de productos alimenticios secos del grupo nutresa s.a.* Universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C.
- Ambientales. (2002). Disposición final de residuos sólidos municipales.
- Angelelli, E., & Speranza, M. (2002). The application of a vehicle routing model to a waste-collection problem: two case studies Journal of the Operational Research Society. 53, 944-952.
- Aristizabal, C., & SÁCHICA, M. (2013). El aprovechamiento de los residuos sólidos domiciliarios no tóxicos en Bogotá D.C. Recuperado a partir de <http://www.ambitojuridicores.com>
- Avendaño, E. (2015). *Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis del caso Bogotá D.C. programa basura cero* (Tesis para optar al grado de: Ingeniero Ambiental). Bogotá, Colombia.

BIBLIOGRAFIA

- Ávila, T. (2014). *Algunos problemas de rutas por arcos* (Tesis doctoral). Universidad de Valencia.
- Barradas, A. (2009). *Gestión integral de residuos sólidos municipales*. Minatitlán, Veracruz, México.
- Barras, F. (2008). Contaminación por Residuos.
- Barreda, A. (2009). *Evaluación de los impactos de los residuos bajo cambio climático en la Ciudad de México*. México.
- Baykal, A. (2018). Resource and waste management plan 2018.
- Benítez, L. (2009). *Análisis de alternativas para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en La ciudad de Santa Clara*. Santa Clara.
- Bereau, I., & López, D. (2018). *Incorporación de las potencialidades energéticas municipales en el desarrollo local al municipio de Cienfuegos. Caso estudio energía solar en el sector residencial*. Cienfuegos.
- Bertero, F. (2015). *Optimización de recorridos en ciudades. Una aplicación al sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Concordia*. Rosario, Argentina.
- Betanzo, E., Torres, A., Romero, J., & Obregón, S. (2016). *Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital: análisis e implicaciones*. Universidad Autónoma de Querétaro, San Juan del Río, Querétaro, México.
- Bianchetti, B., & Durán, G. (2017). Algoritmos de zonificación para el problema de la recolección de residuos urbanos: El caso de estudio de una ciudad Argentina, XXXI.
- Blanco, M., & Santana, F. (2017). *Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.

BIBLIOGRAFIA

- Bleda, S. (2017). *Estudio de alternativas de tratamiento y eliminación de residuos sólidos urbanos. Aplicación a un plan zonal de gestión de la comunidad Valenciana*. Universidad politécnica de Valencia., España.
- Braier, G., Durán, G., Marengo, J., & Wesner, F. (2015). Una aplicación del problema del cartero rural a la recolección de residuos reciclables en Argentina.
- Brinckmann, W., & Trujillo, M. (2010). Disposición final de residuos sólidos en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en Quintana Roo, *14*. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46715742008>
- Cabello, J. (2018). *Indicador para la eficiencia energética municipal en Cuba. Caso de estudio municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Caetano, M., Bertolini, D., & Pereira, A. (2015). Analysis of solid waste management and improvement proposal: a case study in carpentry of Cariacica-ES.
- Caffelli, P. (2016). Beneficios de una sociedad que recicla.
- Calva, L., & Rojas, R. (2014). Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Mexicali, México: Retos para el Logro de una Planeación Sustentable, *25(3)*, 72.
- Calva-Alejo, C., & Rojas-Caldelas, R. (2014). Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Mexicali, México: Retos para el Logro de una Planeación Sustentable. *Información Tecnológica*, *25*.
- Camacho, O., Pérez, A., & Ojito, R. (2008). Propuesta gestión integral de los desechos sólidos Cayería nordeste Villa Clara.
- Cant, M. (2006). Integrating Organics Management and Residual Treatment/Disposal.

BIBLIOGRAFIA

- Cañedo, R., Barragán, M., Salomé, B., & Juárez, O. (2015). Calidad de vida y medio ambiente: residuos sólidos y bienestar en tres escuelas de la cuenca alta del río La Sabana, Acapulco, Guerrero, México, *12*(2). Recuperado a partir de <http://dx.doi.org/10.15517/psm.v12i2.15579>
- Carbonelli, J., Machado, B., Drummond, M., Bila, D., & Ferreira, J. (2013). Evaluation of coagulation/flocculation process in the landfill leachate treatment at the Municipal Wastewater Treatment Plant. Recuperado a partir de www.ambi-agua.net
- Casas, E. (2013). Análisis de costos de transporte en la disposición final de Residuos sólidos domiciliarios para empresas de servicios Públicos domiciliarios.
- Castañeda, G., & Pérez, A. (2015a). La problemática del manejo de los residuos sólidos en seis municipios del sur de Zacatecas. *Región y sociedad*, *xxvii*(62.).
- Castañeda, G., & Pérez, A. (2015b). *La problemática del manejo de los residuos sólidos en seis municipios del sur de Zacatecas*. México.
- Castañeda, J., & Cardona, J. (2014). *Implementación del Método del Ahorro para resolver El VRP aplicado al diseño de una red de logística inversa para la recolección de aceite vehicular usado generados en los puntos de acopio ubicados en Pereira* (Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial). Universidad tecnológica de Pereira, Pereira.
- Castillo, E. (2013). Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México.
- Castillo, L., & Cerquera, N. (2012). *Diseño de sistema logístico de transporte para la recolección de materiales reciclados en la localidad de Engativá con la empresa Compapeles Milenium* (Tesis para optar al título de Ingenieros Industriales). Universidad libre, Bogotá D.C.
- Cesar. (2012). Cómo reciclar el acero. Recuperado a partir de <http://pre-provechamientodeacero.blogspot.com>

BIBLIOGRAFIA

- Chaviano, J., & Puebla, J. (2018). *Despliegue de la Función Calidad para mejorar la Planificación Energética en el Municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Cid, C. (2016). Análisis técnico económico de planta térmica de generación de energía eléctrica a partir de residuos sólidos municipales para Santiago de Chile. Recuperado a partir de http://biblio.uchile.cl/client/es_ES/sisib/search/results;jsessionid=4CAE3B1D838E18783EFA17048FE280BF?qu=Energ%C3%ADa+el%C3%A9ctrica&ic=true&ps=300
- CITMA. (2010). Los Residuos Sólidos. Resumen.
- (CNGMD). (2017). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. Recuperado a partir de <https://es.scribd.com/document/372657415/Resultados-del-Censo-Nacional-de-Gobiernos-Municipales-y-Delegacionales-2017>
- Coltro, M., Nagel, W., & Rodrigues, A. (2016). Energy generation from municipal solid waste and the current scenario of biogas recovery in Brazil, 8.
- Contreras, E. (2017). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios.
- Corberán, A. (2014). El Problema del Cartero Chino.
- Correa, J., Cabello, Nogueira, D., Rodriguez, S., Campillo, E., & Cruz, A. (2016). Diagnóstico al consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos sector residencial. *Cienfuegos: Universo Sur*.
- Correa, J., Rodriguez, S., & Hernández, A. (2017). La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Universidad y Sociedad*. Recuperado a partir de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/>
- Correa, J., Tartabull, Y., Silva, P., Pino, J., Espinosa, A., & Rodríguez, A. (2017a). *Manejo integrado de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Cienfuegos*. (Tesina de Diplomado). Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.

BIBLIOGRAFIA

- Correa, J., Tartabull, Y., Silva, P., Pino, J., Espinosa, A., & Rodríguez, A. (2017b). *Manejo integrado de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Cienfuegos*. La Habana.
- Correa Soto, J., & Cabello Eras, J. . (2016a). Gestión energética municipal. Una oportunidad para Cuba. *Ingeniería Energética en fase de revisión*.
- Correal, M., & Laguna, A. (2018). Estimación de costos de recolección selectiva y clasificación de residuos con inclusión de organizaciones de recicladores.
- Cortés, M., & Iglesias, M. (2005). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. México: Colección Material Didáctico.
- Cruz, P. (2013). Manejo de residuos sólidos urbanos en Cuba. Recuperado a partir de <http://www.residuosocub.com/>
- CYMA, P. C. y M. A. (2012). Manual de estimación de costos para la gestión municipal de residuos sólidos. Recuperado a partir de www.programacyma.com
- Dal, A., & Jorge, J. (2005). Disposición final de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios.
- Damghani. (2007). Municipal solid waste management in Tehran: Current practices, opportunities and challenges. *Waste Management*.
- Daza, Y. (2015). *Aplicación de técnicas de optimización para el diseño de rutas de recolección selectiva de residuos sólidos en Bogotá*. Universidad distrital francisco José de Caldas, Bogotá.
- de la Peña, G. (2012). *Propuesta de un sistema para evaluar el manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Díaz. (2017). Metodología para el cálculo de generación y determinación de la composición física de los residuos sólidos (RSU).

BIBLIOGRAFIA

- Domínguez, J. (2009). *Guía metodológica para la gestión integral de los residuos sólidos en la ciudad de Santa Clara*. Santa Clara.
- DPPF. (2012). Dirección Provincial de Planificación Física. Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU).Municipio de Cienfuegos.
- Draw, J., Hallett, K., DeWolfe, J., Venner, I., & Pirnie, M. (2012). Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities. Technical Report U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, operated by the Alliance for Sustainable Energy. LLC.Contract No. DE-AC36-08GO28308, NREL/TP-7A30-53341.
- Elices, A. (2014). *Costo de la recogida de residuos sólidos urbanos domésticos. Relación entre la tasa de basuras y la dispersión urbana*. (Tesis para optar al título de Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo). Universidad politécnica de valencia, Valencia.
- Elsevier. (2013). Decision support models for solid waste management: Review and game-theoretic approaches. Recuperado a partir de www.elsevier.com/locate/wasman
- Environmental Protection Agency. (2011). Municipal Solid Waste – Pre-treatment & Residuals Management An EPA Technical Guidance Document, 20.
- EPA. (2008). U.S. Ensuring a Sustainable Future: An Energy Management Guidebook for Wastewater and Water Utilities Environmental Protection Agency (EPA) and Global Environment and Technology Foundation.
- Estrategía Ambiental Nacional. (1997). Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Cuba.
- Fernández, A. (2016). Las ciudades con la mejor gestión de residuos del mundo.

BIBLIOGRAFIA

- Fernando, j, Concepción, D., Barrios, G., & González, E. (2014). Gestión de los residuos sólidos y sus impactos económicos, sociales y medioambientales, *41*. Recuperado a partir de <http://centrozucar.qf.uclv.edu.cu>
- Fernando, J. (2014). Gestión de los residuos sólidos y sus impactos, *41*, 2223-4861.
- Flores, M., Guardado, A., & Romero, C. (2008). *Diseño de una metodología para la logística de recolección de desechos sólidos en los distritos 4 y 5 del municipio de San Salvador* (Tesis para optar al título de Ingeniería Industrial). Universidad de El Salvador.
- Fraire, M. (2010). *Combustibles derivados de los residuos: Análisis de factibilidad en Argentina* (Tesis para optar al título de Ingeniería Industrial).
- Gaceta Oficial. Decreto Ley No. 200, “De las Contravenciones en materia de medio ambiente”, 200 § (1982a).
- Gaceta Oficial. Decreto Ley 54/1982 “Disposiciones sanitarias básicas”, Pub. L. No. 54 (1982).
- Gaceta Oficial. Ley 81/1997, 47 § (1997).
- García, I. (2010). *El problema de ruteo de vehículos*. Universidad Autónoma de Coahuila.
- GestioPolis. (2017a). Manejo de residuos sólidos urbanos. Estudio de caso. Recuperado a partir de <https://www.gestiopolis.com/manejo-residuos-solidos-urbanos/>
- GestioPolis. (2017b). Manejo de residuos sólidos urbanos. Estudio de caso.
- Godoy, L., & Manresa, R. (2009). Gestión de Residuos Sólidos: un tema de vital importancia.
- Goicochea, O. (2013). Evaluación ambiental del manejo de residuos sólidos domésticos en La Habana, Cuba, *XXXVI*(3), 263-274.
- González, C., & Buenrostro, O. (2012). Composición de residuos sólidos urbanos en dos sitios de disposición final, *28*, 13-18.

BIBLIOGRAFIA

- González, L., & Almeida, M. (2007). Gestión integral de residuos sólidos.
- González, L., Marrero, O., González, D., & Hernández, V. (2010). *Gestión integral de los residuos sólidos de la Universidad de Matanzas*. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
- González, Y., & Gato, T. (2014). *Determinación del Potencial energético de los Residuos Sólidos Urbanos en tres municipios de la provincia de Luanda. Angola*.
- GUASMAYAN, F. (2014). *Solución del problema de ruteo de vehículos dependientes del tiempo utilizando un algoritmo genético modificado* (Tesis presentada como requisito para optar al título de Magíster en Investigación Operativa y Estadística). UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- Henao, B., & Piedrahita, J. (2015a). *Diseño de un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos en el municipio de Zarzal Valle del Cauca*. Universidad del Valle.
- Henao, & Piedrahita. (2015b). *Diseño de un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos en el municipio de zarzal valle del cauca* (Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial). Universidad del valle.
- Hernández, M., & Aguilar, Q. (2015). Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y El Caribe.
- Hoornweg, D., & Bhada, P. (2012). *What a waste: a global review of solid waste management*. Recuperado a partir de www.worldbank.org/urban
- Hoornweg, D., Lam, P., & Chaudhry, M. (2005). Waste Management in China: Issues and Recommendations. *Urban Development Working Papers*, 9.
- Howell, P. (2008). Municipal solid waste - Pre treatment and residual management.
- Hurtado, L. (2017). *Diseño de un producto informático para la gestión de la energía del gobierno municipal de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.

BIBLIOGRAFIA

- Iglesias, D. (2007). Costos económicos por la generación y manejo de residuos sólidos en el municipio de Toluca, Estado de México.
- INPF, MFP, MINSAP, & OPS. (1999). Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Cuba.
- Isan, A. (2018). Beneficios de reciclar. Recuperado a partir de <https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-los-beneficios-de-reciclar-66.html>
- Jacobi, R., & Rizpah, G. (2011). Solid Waste Management in São Paulo: The challenges of sustainability.
- Jambeck, & et al. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*.
- Jiménez, N. (2015a). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad, *17*, 29-56.
- Jiménez, N. (2015b). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. Recuperado a partir de <http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1419>
- Jiménez, N. (2015c). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad, *55*.
- Joa, R. (2009). El reciclaje. Principio, fin y resurrección de los materiales. Editorial de Científico –Técnica.
- Lagos, M. (2013). *Un Modelo de Programación Lineal Entera para Resolver el Problema de Recolección de Residuos Domiciliarios* (Tesis de Grado presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Grado de Magíster en Ingeniería Industrial). Universidad del Bío-Bío.
- Leandro, A. (2007). Administración y manejo de los desechos en proyectos de construcción ETAPA 2 Alternativas de Manejo.
- Lima, M. (2014). Tendencias en la gestión de los residuos. Recuperado a partir de <http://www.minam.gob.pe/psda7-1-tendencias-en-la-gestion-de-los-residuos>
- Lismart, Q. (2008). Construcción de plantas completas de incineración de residuos sólidos.

BIBLIOGRAFIA

- Liu, A., Ren, F., Lin, W., & Wang, J. (2015). A review of municipal solid waste environmental standards with a focus on incinerator residues. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4, 165-188.
- Lombardi, F., Costa, G., & Sirini, P. (2017). Analysis of the role of the sanitary landfill in waste management strategies based upon a review of lab leaching tests and new tools to evaluate leachate production. *Revista Ambiente & Água*, 12(4). Recuperado a partir de <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2096>
- Lopez, N. (2009). *Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la Plaza de Mercado de Cerete – Córdoba* (Tesis para optar al título de Maestría en Gestión Ambiental). Universidad Pontificia Javeriana, Bogotá.
- Martínez, F. (2018). *Propuesta de diseño de macro y microrutas del sistema de recolección de residuos sólidos de la Ciudad de Tulcán* (Tesis para optar al título de Ingeniero Ambiental). Quito.
- Mendoza, F., & Cullay, J. (2018). *Optimización de las operaciones logísticas, en las rutas urbanas de recolección de desechos sólidos en la Empresa pública municipal GIDSA AMBATO* (Previa a la obtención del Título de: Ingeniero Industrial). Ecuador.
- Menéndez, Y. (2016). *Evaluación del presupuesto del estado en La Unidad Presupuestada Municipal Comunes Cienfuegos*.
- Ministerio del Ambiente. (2016). Aprende a prevenir el mercurio. Residuos y áreas verdes.
- Muana, k. (2017). *Matriz de fuentes renovables de energía del municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Narea, M. (2008). La problemática de los residuos sólidos urbanos en América Latina y El Caribe.
- Narea, S. (2008). La problemática de los residuos sólidos urbanos en América Latina y El Caribe.

BIBLIOGRAFIA

- Ocaranza, G. (2003). *La Basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el manejo de Residuos Urbanos*.
- Oficina Nacional de Normalización. *Residuos Sólidos Urbanos. Almacenamiento, Recolección y Transformación. Requisitos Higiénicos Sanitarios*, NC 133:2002 § (2002).
- ONEI. (2018b). *ANUARIO ESTADÍSTICO DE CUBA 2017*. (2018.^a ed.). Habana, Cuba.
- ONEI. (2018a). *PANORAMA AMBIENTAL. CUBA 2017* (junio 2018). Centro de Gestión de la Información Económica, Medioambiental y Social.
- ONEI. (2017). *ANUARIO ESTADÍSTICO DE CIENFUEGOS 2016*.
- ONEI, O. N. de la E. (2016). Anuario estadístico de Cienfuegos. Recuperado a partir de www.onei.cu
- ONN. *Residuos Sólidos Urbanos. Disposición Final. Requisitos Higiénicos Sanitarios y Ambientales*, NC 135: 2002 § (2002).
- ONN. *Residuos Sólidos Urbanos. Tratamiento. Requisitos Higiénicos Sanitarios*, NC 134: 2002 § (2002).
- ONUDI, SECO, & LARE. (2007). *GUÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS UNITED NATIONS*.
- ONU-HABITAT. (2015). *Temas Hábitat III. Infraestructura urbana y servicios básicos, incluida la energía*. Recuperado a partir de <http://www.dinero.com/economia/articulo/generacion-basura-mundo/212829>
- Orta, T., & Yáñez, I. (2009). Estudio de evaluación de tecnologías alternativas o complementarias para el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos.
- Osorio. (2016). *Valorización costo-beneficio del manejo integral de los residuos sólidos, aplicable a conjuntos residenciales en la Ciudad de Cali*. Universidad del Valle, Santiago de Cali.

BIBLIOGRAFIA

- Pala, H. (2006). *Estudio del potencial energético a partir de los residuos sólidos en algunos distritos del cono norte de Lima Metropolitana* (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos). Lima, Perú.
- Pastor, J. (2013). *Optimización de la localización y recogida de residuos sólidos urbanos (RSU)* (Tesis para optar al título de Master en Tecnologías de la Información Geográfica).
- Pavón, E., Martínez, I., & Etxeberria, M. (2014). La producción de residuos de construcción y demolición y el uso de agregados reciclados en la Habana, Cuba.
- Pellón, A., López, M., & Espinosa, M. (2009). Tecnología para el tratamiento de lixiviados provenientes de vertederos de residuos sólidos urbanos.
- Pérez, V., Lorenzo, L., & Sarduy, A. (2015). Gestión ambiental de los residuos sólidos urbanos en sancti spíritus: identificación de debilidades y perspectivas.
- Pérez, Y., Lorenzo, L., & Sarduy, A. (2015). *Gestión ambiental de los residuos sólidos urbanos en Sancti Spíritus: identificación de debilidades y perspectivas*.
- Piédrola, G. (2018). Residuos sólidos urbanos en España.
- Portugal, J. (2013). La Judicialización del Marco Espacial del Desarrollo de la Actividad Humana: Los Residuos Sólidos Urbanos. Recuperado a partir de <http://www.utj.edu.exu/documentos/conf04.pdf>
- Quezasa, E., Torres, M., & Romero, J. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital: análisis e implicaciones.
- Quintanilla, B. (2015). *Problemas de rutas de vehículos: modelos, aplicaciones logísticas y métodos de resolución* (Tesis para optar al título de Ingeniería en Organización Industrial). Valladolid.
- Racero, J., & Pérez, F. (2006). Los sistemas de recolección de residuos sólidos (los métodos y sus aplicaciones).

BIBLIOGRAFIA

- Ramos, C. (2006). Los residuos en la industria farmacéutica, 37(1).
- Ramos, J., Yáñez, J., & Mancilla, L. (2015). Rediseño de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos en el Municipio de León.
- Recalde, C., Echeverría, M., & Castro, R. (2013). Descomposición de Materia Orgánica con Microorganismos Benéficos Magnetizados, 24(6).
- Residuos Profesional. (2015). *Global Waste Management*.
- Reyes, R. (2005). *Diseño del Programa de recolección de desechos sólidos domiciliarios para el Municipio de Atizapán de Zaragoza como aplicación del problema del Agente Viajero* (PARA OBTENER EL GRADO DE: MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS). México.
- Rodríguez, A. (2007). Integración de un SIG con modelos de cálculo y optimización de rutas de vehículos CVRP y software de gestión de flotas.
- Rodríguez, A., & Marrero, F. (2010). *El problema del ruteo de vehículos: teoría y aplicaciones en el sector empresarial cubano*. Universidad Central Marta Abreus de las Villas, Villa Clara.
- Rodríguez, H., & Abreus, G. (2018). *Gestión de los residuos sólidos urbanos como potencialidad energética en el desarrollo local del municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Rodríguez, S. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, Consejos Populares de Punta Gorda y Junco Sur*. Universidad de Cienfuegos, CIENFUEGOS.
- Rodríguez, S. (2019). *Integración de las potencialidades energéticas al desarrollo local del municipio de Cienfuegos* (máster en ingeniería industrial). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Romero, V., Jaramillo, E., Reyes, J., & Soriano, A. (2014). *Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: residuos sólidos urbanos*.

BIBLIOGRAFIA

- Ruiz, I., & Vidal, W. (2016). *Modelo de optimización del sistema de recojo de residuos sólidos en el distrito de Reque para mejorar la eficiencia de operaciones*. TESIS Para optar el título de Ingeniero Industrial, Chiclayo.
- Sabina, R. (2013). Gestión Ambiental y Sostenibilidad-Logística inversa de los residuos en la empresa gráfica de Villa Clara. Recuperado a partir de <http://www.gestiopolis.com>
- Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe, pp.121-135.
- Salvador, C. (2012). *Planificación y optimización de flotas de Vehículos para la recogida de residuos urbanos* (Tesis para optar al título de Master en Ingeniería de Sistemas y Control). Universidad Complutense de Madrid.
- Sánchez, A. (2015). El reciclaje de los residuos plásticos y sus oportunidades para Cuba”, Revista Caribeña de Ciencias Sociales. Recuperado a partir de <http://xn--caribea-9za.eumed.net/2015/04/reciclaje.html>
- Santana, L., & Cabrisas, V. (2017). *Comportamiento del consumo de energía eléctrica en el sector estatal y de portadores energéticos en el sector residencial del municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Santos, J., Mendoza, J., López, J., Sierra, M., Guavita, D., & Vargas, D. (2016). *Disposición Final de Residuos Sólidos*.
- Sarmiento, M. (2005). Study of enviromental sustainability: The case of Portuguese polluting industries., 30(8), 1247-1257.
- Srivastava, V., Ismail, A., Singh, P., & Pratap, R. (2014). Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportunities. *Environmental Science and Bio/Technology*.

BIBLIOGRAFIA

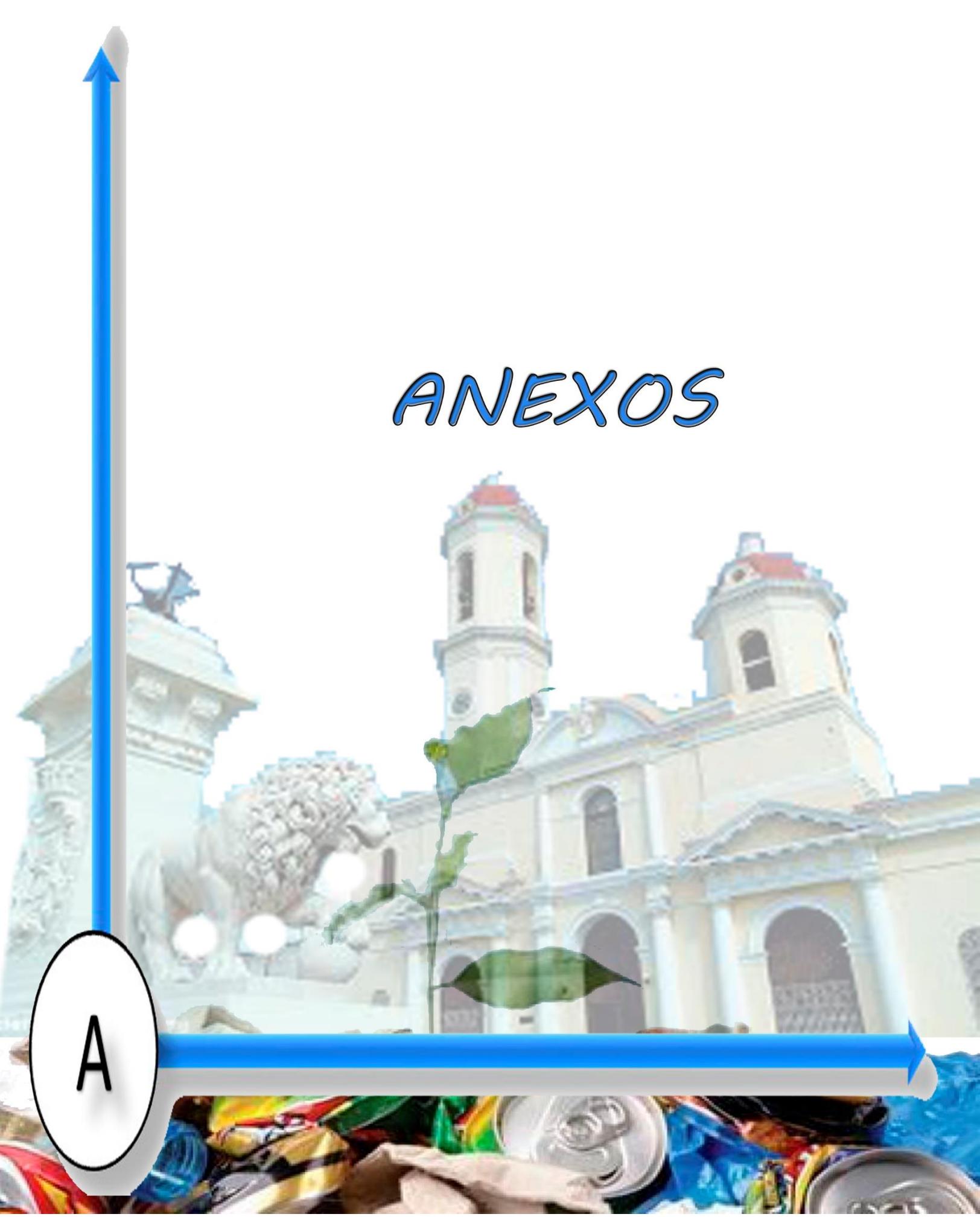
- Subarnaba, A. (2015). *Rediseño del Manual de procedimiento para el Efectivo en la Dirección Municipal Comunes Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos.
- Tavares, H. (2013). The evolution of per capita solid waste generation in developed and emerging countries.
- Themelis, N., Diaz, M., Estevez, P., & Velasco, M. (2016). *Guía Para La Recuperación De Energía Y Materiales De Residuos* (2016.^a ed.). Columbia University: Columbia university earth engineering center.
- Toro, E., Narea, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios.
- Torres, D. (2018). *Propuesta de mejora a la Gestión Coordinada de la Cadena de Suministro de la Ferretería de AUSA Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Tron, F. (2011). La gestión de residuos sólidos en Tokio, París, Madrid y México.
- UE. European Landfill Directive 1999/31/EC, 1999/31/EC § (1999).
- UE. European Waste Directive 2008/98/EC, 2008/98/EC § (2008).
- Valente, M. (2013). Quemar basura es derrochar recursos finitos y energía.
- Valenzuela, M. (2014). Consultoría de Mejoramiento al Sistema de Recolección de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Comuna de Santiago. Recuperado a partir de www.cityplanning.cl
- Varón, K., Orejuela, J., & Manyoma, P. (2015). Modelo matemático para la ubicación de estaciones de transferencia de residuos sólidos urbanos, *12*(23), 70.
- Vera-Romero, I., Estrada-Jaramillo, M., Martínez-Reyes, J., & Ortiz-Soriano, A. (2015). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: residuos sólidos urbanos. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XVI, 471-478.

BIBLIOGRAFIA

- Vesco, L. (2006). *Residuos sólidos urbanos: Su gestión integral en Argentina*. Tesis para optar el título de Abogada, Argentina.
- Vida Sostenible. (2016). Tendencias en el tratamiento de residuos urbanos en Europa.
- Wiener, P., Marcos, G., & Gómez, D. (2013). Beneficios ambientales y económicos de una gestión de residuos de campos de petróleo y gas.
- Zafra, C. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: sistemas de caja fija (SCF), 29(2), 119-126.

ANEXOS

A



ANEXOS

Anexos

Anexo 1: Ejemplos de residuos sólidos según su origen. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Ministerio del Ambiente, 2016.

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	GENERADOS POR...	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
1. Residuo domiciliario	Actividades domésticas realizadas en los domicilios.	Restos de alimentos, revistas, botellas, latas, etc.	
2. Residuo comercial	Establecimientos comerciales de bienes y servicios.	Papeles, plásticos, embalajes diversos, residuos producto del aseo personal, latas, etc.	
3. Residuo de limpieza de espacios públicos	Servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas y otras áreas públicas.	Papeles, plásticos, envolturas, restos de plantas, etc.	
4. Residuo de establecimiento de atención de salud	Procesos y actividades para la atención e investigación médica en establecimientos como: hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios clínicos, consultorios, entre otros afines.	Agujas, gasas, algodones, órganos patológicos, etc.	
5. Residuo industrial	Actividades de las diversas ramas industriales, como manufacturera, minera, química, energética,	Lodos, cenizas, escorias metálicas, vidrios, plásticos, papeles, que generalmente se encuentran mezclados	

ANEXOS

	<p>pesquera y otras similares.</p>	<p>con sustancias peligrosas.</p>	
<p>6. Residuo de las actividades de construcción</p>	<p>Actividades de construcción y demolición de obras. Fundamentalmente inertes.</p>	<p>Piedras, bloques de cemento, maderas, entre otros, (desmonte).</p>	
<p>7. Residuo agropecuario</p>	<p>Actividades agrícolas y pecuarias.</p>	<p>Envases de fertilizantes, plaguicidas, agroquímicos, etc.</p>	
<p>8. Residuo de instalaciones o actividades especiales</p>	<p>Generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión y de riesgo en su operación, con el objeto de prestar ciertos servicios públicos o privados.</p>	<p>Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales, puertos, aeropuertos, entre otros.</p>	

ANEXOS

Anexo 2: Beneficios y ventajas del reciclaje. **Fuente:** Elaboración propia a partir de (Isan, 2018).

BENEFICIOS Y VENTAJAS DEL RECICLAJE	FUNDAMENTACIÓN
Preserva los recursos naturales	Reciclar papel evita una buena cantidad de talas innecesarias y también la contaminación de grandes cantidades de agua que conlleva la fabricación del papel, y lo mismo ocurre con el reciclaje de otros productos elaborados con nuestros recursos naturales. Al reciclar, los productos se reutilizan, por lo que no se necesita volver a sacar la materia prima de la naturaleza, sino que podemos alargar la vida útil de esa que ya se ha extraído.
Menos contaminación	Cada año decenas de toneladas de plásticos acaban en los océanos, destruyendo el hábitat marino y la salud de nuestro planeta. Algo tan simple como reciclar puede evitar que esto suceda y que todos esos residuos plásticos que creamos puedan tener una segunda vida y no terminen flotando en nuestras costas. Sin duda, este es otro de los grandes beneficios de reciclar.
Ahorra energía	Facilita el proceso de fabricación y emiten menos gases de efecto invernadero. En muchas ocasiones los consumidores también salen ganando, pues los productos también son más económicos. Fabricar un producto de cero implica más procesos que si se recicla uno preexistente, lo que comporta unos gastos de energía que se pueden elevar hasta un 25%.
Ahorra dinero	En nuestro hogar, reciclar residuos orgánicos o inorgánicos puede tener un sinfín de usos a nivel funcional, decorativo o incluso artístico, por lo que también ahorramos dinero, y a su vez se produce y se contamina menos. En el reciclaje creativo, ser amable con el planeta sale a cuenta. Utilizando material que ya no utilizamos y dándole otro uso podemos lograr ahorrarnos algunas compras.
	Hay que tener en cuenta que el petróleo es la materia principal mediante la cual se fabrica el plástico, por lo que uno de los principales beneficios del reciclaje es el ahorro de un recurso no

ANEXOS

Ahorra petróleo

renovable que cada día escasea más. Mediante el reciclaje podemos ahorrarnos miles de toneladas de petróleo al año, uno de los primeros pasos para un cambio global en el que se destierre de una vez por todas el consumo de los combustibles fósiles.

ANEXOS

Anexo 3: Generación de RSU de la provincia de Cienfuegos en 2017.

Fuente: (ONEI, 2018).

2.47 - Volumen de desechos sólidos recolectados por provincias *Volume of solid wastes collected in every province*

	Miles de metros cúbicos					
CUBA/PROVINCIAS	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cuba	27 817,4	26 521,0	27 609,4	27 619,8	28 045,4	28 571,9
Matanzas	1 481,8	2 063,0	1 215,8	1 053,8	1 079,0	1 047,7
Villa Clara	1 343,0	1 415,5	1 273,6	1 253,2	1 288,4	1 345,5
Cienfuegos	810,0	752,0	828,4	877,8	877,8	998,0
Sancti Spiritus	1 284,1	1 232,1	1 288,3	1 100,3	1 144,8	1 232,1
Ciego de Ávila	752,5	810,8	915,7	969,4	969,4	1 222,0

ANEXOS

Anexo 4: Método para el cálculo del coeficiente de competencia de los expertos.

Fuente: (Cortés y Iglesias, 2005).

Para seleccionar los expertos de acuerdo al criterio de Cortés e Iglesias (2005), se debe:

1. Elaborar una lista de candidatos que cumplan con los requisitos predeterminados de experiencia, años de servicio, conocimientos sobre el tema.
2. Determinar el coeficiente de competencia de cada experto.

Este último paso permite asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio.

El coeficiente de competencia de los expertos, según exponen Cortés e Iglesias (2005), se calcula a partir de la aplicación del cuestionario general que se muestra a continuación:

Cuestionario para la determinación del coeficiente de competencia de cada experto. Fuente: Cortés e Iglesias (2005)

Nombre y Apellidos:

- 1- Autoevalúe en una escala de 0 a 10 sus conocimientos sobre el tema que se estudia.
- 2- Marque la influencia de cada una de las fuentes de argumentación siguientes:

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	ALTO	MEDIO	BAJO
Análisis teóricos realizados por usted			
Experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales que conoce			
Trabajos de autores extranjeros que conoce			
Conocimientos propios sobre el estado del tema			
Su intuición			

Se utiliza la fórmula siguiente:

$$K \text{ comp.} = \frac{1}{2} (Kc + Ka)$$

Donde:

ANEXOS

Kc: Coeficiente de Conocimiento: Se obtiene multiplicando la autovaloración del propio experto sobre sus conocimientos del tema en una escala del 0 al 10, por 0,1.

Ka: Coeficiente de Argumentación: Es la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón, se emplea en esta investigación la siguiente tabla:

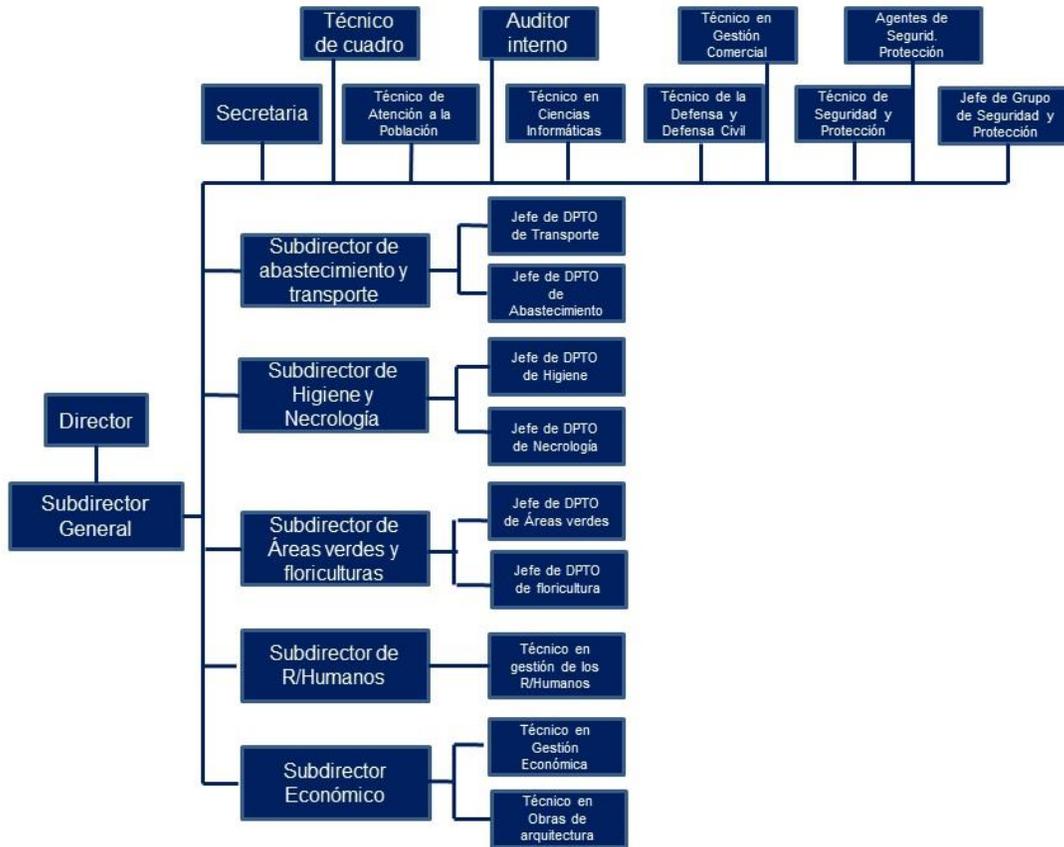
FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	ALTO	MEDIO	BAJO
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales que conoce	0.05	0.04	0.03
Trabajos de autores extranjeros que conoce	0.05	0.04	0.03
Conocimientos propios sobre el estado del tema	0.05	0.04	0.03
Su intuición	0.05	0.04	0.03

Dados los coeficientes Kc y Ka se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia Kcomp siguiendo los criterios siguientes:

- ✓ La competencia del experto es ALTA si $K_{comp} > 0.8$
- ✓ La competencia del experto es MEDIA si $0.5 < K_{comp} \leq 0.8$
- ✓ La competencia del experto es BAJA si $K_{comp} \leq 0.5$

ANEXOS

Anexo 5: Estructura organizacional de la Unidad Presupuestada Municipal Comunales Cienfuegos.
Fuente: Elaboración propia.



ANEXOS

Anexo 6: Combinaciones posibles entre nodos en el CP de Junco Sur. **Fuente:** Elaboración propia.

NODO	RUTA	ARCOS	DISTANCIA
B	BC	A2	170
	BD	A2,A3	380
	BE	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9	834
	BF	A15,A21	250
	BG	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9	444
	BH	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9	521
	BI	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9,A6	563
	BK	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9,A7	701
	BN	A15,A16,A13,A4,A29	624
	BÑ	A15,A16,A17	420
	BT	A15,A21,A22	400
C	CD	A14,A13	204
	CE	A14,A13,A4,A5,A7,A9	674
	CF	A14,A16,A21	390
	CG	A14,A13,A4	324
	CH	A14,A13,A4,A5	401
	CI	A14,A13,A4,A5,A6	443
	CK	A14,A13,A4,A5,A7	481
	CN	A14,A13,A4,A29	504
	CÑ	A14,A17	301
	CT	A14,A16,A21,A22	540
D	DE	A4,A5,A7,A9	470
	DF	A13,A16,A21	374
	DG	A4	120
	DH	A4,A5	197
	DI	A4,A5,A6	239
	DK	A4,A5,A7,A9	377
	DN	A4,A29	300
	DÑ	A13,A17	284
	DT	A13,A16,A21,A22	524
E	EF	A9,A7,A5,A4,A13,A15,A21	844
	EH	A9,A7	273
	EI	A9,A7,A6	315
	EK	A9	93
	EN	A9,A10	203
	EÑ	A9,A10,A12	423

ANEXOS

	ET	A9,A7,A5,A4,A13,A15,A21,A22	994
F	FG	A21,A16,A13,A4	494
	FH	A21,A16,A13,A4,A5	571
	FI	A21,A16,A13,A4,A5,A6	613
	FK	A21,A16,A13,A4,A5,A7	751
	FN	A21,A16,A13,A4,A29	674
	FÑ	A21,A19,A18	470
	FT	A22	150
G	GH	A5	77
	GI	A5,A6	119
	GK	A5,A7	257
	GN	A29	180
	GÑ	A29,A12	400
	GT	A4,A13,A16,A21,A22	644
H	HI	A6	42
	HK	A7	180
	HN	A5,A29	257
	HÑ	A5,A29,A12	477
	HT	A5,A4,A13,A16,A21,A22	721
I	IK	A6,A7	222
	IN	A6,A7,A10	332
	IÑ	A6,A5,A4,A13,A17	523
	IT	A6,A5,A4,A13,A16,A21,A22	763
K	KN	A10	110
	KÑ	A10,A12	330
	KT	A7,A5,A4,A13,A16,A21,A22	901
N	NÑ	A12	220
	NT	A29,A4,A13,A16,A21,A22	824
Ñ	ÑT	A18,A20,A23,A22	610

ANEXOS

Anexo 7: Selección de arcos ficticios en el CP de Junco Sur. **Fuente:** Elaboración propia.

NODO	RUTA	ARCOS	DISTANCIA
H	HI	A6	42
G	GH	A5	77
	EK	A9	93
K	KN	A10	110
	GI	A5,A6	119
	DG	A4	120
	FT	A22	150
B	BC	A2	170
	GN	A29	180
	HK	A7	180
	DH	A4,A5	197
	EN	A9,A10	203
C	CD	A14,A13	204
N	NÑ	A12	220
I	IK	A6,A7	222
	DI	A4,A5,A6	239
	BF	A15,A21	250
	GK	A5,A7	257
	HN	A5,A29	257
	EH	A9,A7	273
	DÑ	A13,A17	284
	DN	A4,A29	300
	CÑ	A14,A17	301
	EI	A9,A7,A6	315
	CG	A14,A13,A4	324
	KÑ	A10,A12	330
	IN	A6,A7,A10	332
	DF	A13,A16,A21	374
	DK	A4,A5,A7,A9	377
	BD	A2,A3	380
	CF	A14,A16,A21	390
	BT	A15,A21,A22	400
	GÑ	A29,A12	400
	CH	A14,A13,A4,A5	401
	BÑ	A15,A16,A17	420
	EÑ	A9,A10,A12	423

ANEXOS

	CI	A14,A13,A4,A5,A6	443
	BG	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9	444
D	DE	A4,A5,A7,A9	470
	FÑ	A21,A19,A18	470
	HÑ	A5,A29,A12	477
	CK	A14,A13,A4,A5,A7	481
F	FG	A21,A16,A13,A4	494
	CN	A14,A13,A4,A29	504
	BH	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9	521
	IÑ	A6,A5,A4,A13,A17	523
	DT	A13,A16,A21,A22	524
	CT	A14,A16,A21,A22	540
	BI	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9,A6	563
	FH	A21,A16,A13,A4,A5	571
Ñ	ÑT	A18,A20,A23,A22	610
	FI	A21,A16,A13,A4,A5,A6	613
	BN	A15,A16,A13,A4,A29	624
	GT	A4,A13,A16,A21,A22	644
	CE	A14,A13,A4,A5,A7,A9	674
	FN	A21,A16,A13,A4,A29	674
	BK	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9,A7	701
	HT	A5,A4,A13,A16,A21,A22	721
	FK	A21,A16,A13,A4,A5,A7	751
	IT	A6,A5,A4,A13,A16,A21,A22	763
	NT	A29,A4,A13,A16,A21,A22	824
	BE	A15,A16,A13,A4,A5,A7,A9	834
E	EF	A9,A7,A5,A4,A13,A15,A21	844
	KT	A7,A5,A4,A13,A16,A21,A22	901
	ET	A9,A7,A5,A4,A13,A15,A21,A22	994

ANEXOS

Anexo 8: Combinaciones posibles entre nodos en el CP Buena Vista. **Fuente:** Elaboración propia.

NODO	RUTA	ARCOS	DISTANCIA
A	AB	A81	82
	AC	A81,A70	165
	Añ	A1	190
	AD	A1,A2	245
	AE	A1,A2,A3	321
	AF	A1,A2,A3,A4	541
	AG	A1,A2,A3,A4,A19,A18,A13	906
	AH	A1,A2,A3,A4,A5	767
	AI	A1,A2,A3,A4,A5,A6	867
	AS	A1,A2,A3,A31,A30,A25	798
	Ab	A1,A2,A39	375
	Aa	A1,A2,A39,A38	472
	Av	A93	59
	Ax	A93,A92	219
	AW	A93,A92,A91	449
	Ay	A93,A92,A97,A78,A88	531
	Az	A93,A92,A97,A78,A88,A87	626
	Aæ	A93,A92,A97,A78,A76,A74,A84	712
	Aq	A93,A80,A94,A67,A65,A63,A61,A71	778
	Ap	A93,A80,A94,A67,A65,A63,A61	679
	Ag	A93,A80,A95,A57,A55,A53,A51	653
	Af	A81,A70,A96,A47,A45,A43,A41	722
	AX	A1,A2,A39,A38,A37,A35,A33	768
	AT	A1,A2,A3,A31,A29,A27	821
	AP	A1,A2,A3,A31,A29,A27A26	917
	AN	A1,A2,A3,A4,A19,A17,A15	921
	AK	A1,A2,A3,A4,A19,A17,A15,A14	1014
	AJ	A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7	977
B	BC	A70	83
	Bñ	A70,A49	158
	BD	A70,A49,A2	213
	BE	A70,A49,A2,A3	289
	BF	A70,A49,A2,A3,A4	509
	BH	A70,A49,A2,A3,A4,A5	735
	BI	A70,A49,A2,A3,A4,A5,A6	835
	BS	A70,A49,A2,A3,A31,A30,A25	766

ANEXOS

	Bb	A70,A49,A2,A39	343
	Ba	A70,A49,A2,A39,A38	440
	Bx	A69,A80,A92	297
	BW	A69,A94,A79,A90	519
	By	A69,A94,A79,A78,A88	531
	Bz	A69,A94,A67,A65,A75,A86	607
	Bae	A69,A94,A67,A65,A75,A86,A85	707
	Bq	A69,A94,A79,A78,A76,A74,A72	727
	Bp	A69,A94,A67,A65,A63,A61	629
	Bg	A69,A95,A57,A55,A53,A51	603
	Bf	A70,A96,A47,A45,A43,A41	640
	BX	A70,A96,A47,A45,A43,A41,A40	728
	BT	A70,A49,A2,A3,A31,A29,A27	789
	BP	A70,A49,A2,A3,A31,A29,A27,A26	885
	BN	A70,A49,A2,A3,A4,A19,A17,A15	889
	BK	A70,A49,A2,A3,A4,A19,A17,A15,A14	982
	BJ	A70,A49,A2,A3,A4,A5,A6,A7	945
C	Cñ	A49	75
	CD	A49,A2	130
	CE	A49,A2,A3	206
	CF	A49,A2,A3,A4	426
	CG	A49,A2,A3,A4,A5,A12,A13	826
	CH	A49,A2,A3,A4,A5	652
	CI	A49,A2,A3,A4,A5,A6	752
	CS	A49,A2,A3,A31,A30,A25	683
	Cb	A96,A48	243
	Ca	A96,A48,A38	340
	Cv	A70,A69,A80	220
	Cx	A70,A69,A80,A92	380
	CW	A70,A69,A94,A79,A90	602
	Cy	A70,A69,A94,A79,A78,A88	614
	Cz	A70,A69,A94,A67,A65,A75,A86	690
	Cae	A70,A69,A94,A67,A65,A75,A86,A85	790
	Cq	A70,A69,A94,A67,A65,A63,A73,A72	809
	Cp	A70,A69,A94,A67,A65,A63,A61	712
	Cg	A96,A47,A45,A43,A41,A50	656
	Cf	A96,A47,A45,A43,A41	557
	CX	A96,A48,A38,A37,A35,A33	636

ANEXOS

	CT	A49,A2,A3,A31,A29,A27	706
	CP	A49,A2,A3,A31,A29,A27,A26	802
	CN	A49,A2,A3,A4,A19,A17,A15	806
	CK	A49,A2,A3,A4,A19,A17,A15,A14	899
	CJ	A49,A2,A3,A4,A5,A6,A7	862
ñ	ñD	A2	55
	ñE	A2,A3	131
	ñF	A2,A3,A4	351
	ñG	A2,A3,A4,A5,A12,A13	751
	ñH	A2,A3,A4,A5	577
	ñI	A2,A3,A4,A5,A6	677
	ñS	A2,A3,A31,A30,A25	608
	ñb	A2,A39	185
	ña	A2,A39,A38	282
	ñv	A1,A93	249
	ñx	A1,A93,A92	409
	ñW	A1,A93,A92,A91	639
	ñy	A49,A96,A47,A56,A66,A77,A88	720
	ñz	A49,A96,A47,A45,A54,A64,A75,A86	797
	ñae	A49,A96,A47,A45,A54,A64,A75,A86,A85	897
	ñq	A49,A96,A47,A45,A54,A64,A75,A74,A72	914
	ñp	A49,A96,A47,A45,A54,A64,A63,A61	819
	ñg	A49,A96,A47,A45,A53,A51	722
	ñf	A49,A96,A47,A45,A43,A41	632
	ñX	A2,A39,A38,A37,A35,A33	578
	ñT	A2,A3,A31,A29,A27	631
	ñP	A2,A3,A31,A29,A27,A26	727
	ñN	A2,A3,A4,A19,A17,A15	731
	Ñk	A2,A3,A4,A19,A17,A15,A14	825
	ñJ	A2,A3,A4,A5,A6,A7	787
D	DE	A3	76
	DF	A3,A4	296
	DG	A3,A4,A5,A12,A13	696
	DH	A3,A4,A5	522
	DI	A3,A4,A5,A6	622
	DS	A3,A31,A30,A25	553
	Db	A39	130
	Da	A39,A38	227

ANEXOS

	Dv	A2,A1,A93	304
	Dx	A2,A1,A93,A92	464
	DW	A39,A48,A58,A68,A79,A90	683
	Dy	A39,A38,A46,A56,A66,A77,A88	707
	Dz	A39,A38,A37,A44,A54,A64,A75,A86	785
	Dae	A39,A38,A37,A44,A54,A64,A75,A86,A85	885
	Dq	A39,A38,A37,A44,A54,A64,A75,A74,A72	902
	Dp	A39,A38,A37,A44,A54,A64,A63,A61	807
	Dg	A39,A38,A37,A44,A54,A53,A52	710
	Df	A39,A38,A37,A35,A33,A40	611
	DX	A39,A38,A37,A35,A33	523
	DT	A3,A31,A29,A27	576
	DP	A3,A31,A29,A27,A26	672
	DN	A3,A4,A19,A17,A15	676
	DK	A3,A4,A19,A17,A15,A14	769
	DJ	A3,A4,A5,A6,A7	732
E	EF	A4	220
	EG	A4,A5,A12,A13	620
	EH	A4,A5	446
	EI	A4,A5,A6	546
	ES	A31,A30,A25	477
	Eb	A3,A39	206
	Ea	A3,A39,A38	303
	Ev	A3,A2,A1,A93	380
	Ex	A3,A2,A1,A93,A92	540
	EW	A3,A39,A48,A58,A68,A79,A90	759
	Ey	A3,A39,A38,A46,A56,A66,A77,A88	783
	Ez	A31,A36,A44,A54,A64,A75,A86	861
	Eae	A31,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A85	871
	Eq	A31,A36,A44,A54,A64,A75,A74,A72	978
	Ep	A31,A36,A44,A54,A64,A63,A61	883
	Eg	A31,A36,A44,A54,A53,A51	786
	Ef	A31,A29,A27,A32,A40	684
	EX	A31,A29,A27,A32	588
	ET	A31,A29,A27	492
	EP	A31,A30,A23,A21	595
	EN	A31,A24,A17,A15	692
	EK	A31,A24,A17,A15,A14	785

ANEXOS

	EJ	A4,A5,A6,A7	656
F	FG	A19,A18,A13	365
	FH	A5	226
	FI	A5,A6	326
	FS	A19,A24,A25	359
	Fb	A4,A3,A39	426
	Fa	A4,A3,A39,A37	523
	Fv	A4,A3,A2,A1,A93,	600
	Fx	A4,A3,A2,A1,A93,A92	760
	FW	A4,A3,A2,A1,A93,A92,A91	990
	Fy	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87	1028
	Fz	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86	933
	Fae	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A85	1033
	Fq	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A74,A72	1050
	Fp	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A63,A61	955
	Fg	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A53,A51	858
	Ff	A19,A24,A30,A36,A44,A43,A41	768
	FX	A19,A24,A30,A36,A35,A33	671
	FT	A19,A24,A30,A29,A27	572
	FP	A19,A24,A23,A21	477
	FN	A19,A17,A15	380
	FK	A19,A17,A15,A14	473
	FJ	A5,A6,A7	436
G	GH	A13,A12	174
	GI	A13,A11,A10	266
	GS	A13,A18,A24,A25	364
	Gb	A13,A18,A24,A30,A36,A37,A38	669
	Ga	A13,A18,A24,A30,A36,A37	573
	Gv	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A55,A57,A95,A80	967
	Gx	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A76,A78,A97	1163
	GW	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87,A89	1163
	Gy	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87	1033
	Gz	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86	938
	Gae	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A85	1038
	Gq	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A74,A72	1055
	Gp	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A63,A61	960
	Gg	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A53,A51	863
	Gf	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A43,A41	773

ANEXOS

	GX	A13,A18,A24,A30,A36,A35,A33	676
	GT	A13,A18,A24,A30,A29,A27	577
	GP	A13,A18,A24,A23,A21	482
	GN	A13,A11,A9,A14	364
	GK	A13,A11,A9	271
	GJ	A13,A11,A9,A8	365
H	HI	A6	100
	HS	A12,A18,A24,A25	388
	Hb	A5,A4,A3,A39	652
	Ha	A12,A18,A24,A30,A36,A37	596
	Hv	A5,A4,A3,A2,A1,A93	826
	Hx	A5,A4,A3,A2,A1,A93,A92	986
	HW	A5,A4,A3,A2,A1,A93,A92,A91	1216
	Hy	A12,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87	1057
	Hz	A12,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86	955
	Hae	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A84	1055
	Hq	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A72	1070
	Hp	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A61	973
	Hg	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A51	875
	Hf	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A41	779
	HX	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A33	683
	HT	A6,A10,A16,A22,A28,A27	590
	HP	A6,A10,A16,A22,A21	490
	HN	A6,A10,A16,A15	390
	HK	A6,A10,A9	295
	HJ	A6,A7	220
I	IS	A10,A16,A22,A23,A25	472
	Ib	A10,A16,A22,A28,A34,A35,A37,A38	776
	Ia	A10,A16,A22,A28,A34,A35,A37	679
	Iv	A6,A5,A4,A3,A2,A1,A93	926
	Ix	A6,A5,A4,A3,A2,A1,A93,A92	1086
	IW	A6,A5,A4,A3,A2,A1,A93,A92,A91	1316
	Iy	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A84,A85,A87	1150
	Iz	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A84,A85	1053
	Iae	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A84	953
	Iq	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A72	968
	Ip	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A61	871
	Ig	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A51	773

ANEXOS

	If	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A41	677
	IX	A10,A16,A22,A28,A34,A33	581
	IT	A10,A16,A22,A28,A27	488
	IP	A10,A16,A22,A21	388
	IN	A10,A16,A15	288
	IK	A10,A9	193
	IJ	A7	110
S	Sb	A25,A30,A36,A37,A38	469
	Sa	A25,A30,A36,A37	372
	Sv	A25,A30,A31,A3,A2,A1,A93	857
	Sx	A25,A30,A31,A3,A2,A1,A93,A92	1017
	SW	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87,A89	963
	Sy	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87	833
	Sz	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86	738
	Sae	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A85	838
	Sq	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A74,A72	855
	Sp	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A63,A61	760
	Sg	A25,A30,A36,A44,A54,A53,A51	663
	Sf	A25,A30,A36,A44,A43,A41	573
	SX	A25,A30,A36,A35,A33	476
	ST	A25,A30,A29,A27	377
	SP	A25,A23,A21	282
	SN	A25,A24,A17,A15	379
	SK	A25,A24,A17,A15,A14	472
	SJ	A25,A24,A17,A15,A14,A8	566
b	ba	A38	97
	bv	A48,A58,A95,A80	387
	bx	A48,A58,A68,A79,A97	493
	bW	A48,A58,A68,A79,A90	673
	by	A48,A58,A68,A79,A78,A88	565
	bz	A48,A58,A68,A79,A78,A76,A86	644
	bae	A48,A58,A68,A79,A78,A76,A86,A85	744
	bq	A48,A58,A68,A79,A78,A76,A74,A72	761
	bp	A48,A58,A68,A67,A65,A63,A61	663
	bg	A48,A58,A57,A55,A53,A51,	573
	bf	A48,A47,A45,A43,A41	480
	bX	A38,A37,A35,A33	393
	bT	A38,A37,A35,A34,A27	486

ANEXOS

	bP	A38,A37,A35,A34,A27,A26	582
	bN	A38,A37,A36,A30,A24,A17,A15	684
	bK	A38,A37,A36,A30,A24,A17,A15,A14	777
	bJ	A38,A37,A36,A30,A24,A17,A15,A14,A8	871
a	av	A38,A48,A58,A95,A80	484
	ax	A38,A48,A58,A68,A79,A97	590
	aW	A38,A48,A58,A68,A79,A90	650
	ay	A46,A56,A66,A77,A88	480
	az	A37,A44,A54,A64,A75,A86	558
	aae	A37,A44,A54,A64,A75,A86,A85	658
	aq	A37,A44,A54,A64,A75,A74,A72	675
	ap	A37,A44,A54,A64,A63,A61	580
	ag	A37,A44,A54,A53,A51	483
	af	A37,A44,A43,A41	393
	aX	A37,A35,A33	296
	aT	A37,A35,A34,A27	389
	aP	A37,A35,A34,A27,A26	485
	aN	A37,A36,A30,A24,A17,A15	587
	aK	A37,A36,A30,A24,A17,A15,A14	680
	aJ	A37,A36,A30,A24,A17,A15,A14,A8	774
V	vx	A92	160
	vW	A92,A91	390
	vy	A92,A97,A78,A88	472
	vz	A92,A97,A78,A88,A87	567
	vae	A92,A97,A78,A88,A87,A85	667
	vq	A92,A97,A78,A76,A74,A72	668
	vp	A80,A94,A67,A65,A63,A61	620
	vg	A80,A95,A57,A55,A53,A51	594
	vf	A80,A95,57,A55,A43,A41	594
	vX	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40	682
	vT	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32	778
	vP	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32,A26	874
	vN	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32,A26,A20	984
	vK	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32,A26,A20,A14	1077
	vJ	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32,A26,A20,A14,A8	1171
x	xW	A91	230
	xy	A97,A78,A88	312
	xz	A97,A78,A76,A86	391

ANEXOS

	xae	A97,A78,A76,A86,A85	491
	xq	A97,A78,A76,A74,A72	508
	xp	A97,A78,A76,A75,A63,A61	603
	xg	A97,A78,A76,A75,A64,A53,A51	700
	xf	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A43,A41	790
	xX	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A43,A41,A40	878
	xT	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32	974
	xP	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26	1070
	xN	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15	1178
	xK	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15,A14	1271
	xJ	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15,A14,A8	1365
W	Wy	A89	130
	Wz	A89,A87	225
	Wae	A89,A87,A85	325
	Wq	A89,A87,A86,A74,A72	508
	Wp	A89,A87,A86,A75,A63,A61	603
	Wg	A89,A87,A86,A75,A64,A53,A51	700
	Wf	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41	790
	WX	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40	878
	WT	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27	971
	WP	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27,A26	1067
	WN	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27,A26,A20	1177
	WK	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27,A26,A20,A14	1271
	WJ	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27,A26,A20,A14,A8	1365
Y	yz	A87	95
	yae	A87,A85	195
	yq	A87,A86,A74,A72	381
	yp	A87,A86,A75,A63,A61	473
	yg	A87,A86,A75,A64,A53,A51	570
	yf	A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41	660
	yX	A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40	748
	yT	A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32	844
	yP	A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26	940
	yN	A87,A86,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15	1048
	yK	A87,A86,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15,A14	1141
	yJ	A87,A86,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15,A14,A8	1235
Z	zae	A85	100
	zq	A86,A74,A72	283

ANEXOS

	zp	A86,A75,A63,A61	378
	zg	A86,A75,A64,A53,A51	475
	zf	A86,A75,A64,A54,A43,A41	565
	zX	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40	653
	zT	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32	749
	zP	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26	845
	zN	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26,A20	955
	zK	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26,A20,A14	1048
	zJ	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26,A20,A14,A8	1142
ae	aeq	A84,A72	185
	aep	A84,A73,A61	282
	aeg	A84,A73,A62,A51	380
	aef	A84,A73,A62,A52,A41	476
	aeX	A84,A73,A62,A52,A41,A40	564
	aeT	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32	660
	aeP	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32,A26	756
	aeN	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32,A26,A20	866
	aeK	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32,A26,A20,A14	959
	aeJ	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32,A26,A20,A14,A8	1053
q	qp	A71	99
	qg	A71,A60	198
	qf	A71,A60,A50	297
	qX	A71,A60,A50,A40	385
	qT	A71,A60,A50,A40,A32	481
	qP	A71,A60,A50,A40,A32,A26	577
	qN	A71,A60,A50,A40,A32,A26,A20	687
	qK	A71,A60,A50,A40,A32,A26,A20,A14	780
	qJ	A71,A60,A50,A40,A32,A26,A20,A14,A8	874
p	pg	A60	99
	pf	A60,A50	198
	pX	A60,A50,A40	286
	pT	A60,A50,A40,A32	382
	pP	A60,A50,A40,A32,A26	478
	pN	A60,A50,A40,A32,A26,A20	588
	pK	A60,A50,A40,A32,A26,A20,A14	681
	pJ	A60,A50,A40,A32,A26,A20,A14,A8	775
g	gf	A50	99
	gX	A50,A40	187

ANEXOS

	gT	A50,A40,A32	283
	gP	A50,A40,A32,A26	379
	gN	A50,A40,A32,A26,A20	489
	gK	A50,A40,A32,A26,A20,A14	582
	gJ	A50,A40,A32,A26,A20,A14,A8	676
f	fX	A40	88
	fT	A40,A32	184
	fP	A40,A32,A26	280
	fN	A40,A32,A26,A20	390
	fK	A40,A32,A26,A20,A14	483
	fJ	A40,A32,A26,A20,A14,A8	577
X	XT	A32	96
	XP	A32,A26	192
	XN	A32,A26,A20	206
	XK	A32,A26,A20,A14	299
	XJ	A32,A26,A20,A14,A8	393
T	TP	A26	96
	TN	A26,A20	206
	TK	A26,A20,A14	299
	TJ	A26,A20,A14,A8	393
P	PN	A20	110
	PK	A20,A14	203
	PJ	A20,A14,A8	297
N	NK	A14	93
	NJ	A14,A8	187
K	KJ	A8	94

ANEXOS

Anexo 9: Selección de arcos ficticios en el CP de Buena Vista. **Fuente:** Elaboración propia.

NODO	RUTA	ARCOS	DISTANCIA
ñ	ñD	A2	55
	Av	A93	59
C	Cñ	A49	75
D	DE	A3	76
A	AB	A81	82
B	BC	A70	83
f	fX	A40	88
N	NK	A14	93
K	KJ	A8	94
y	yz	A87	95
X	XT	A32	96
T	TP	A26	96
b	ba	A38	97
q	qp	A71	99
p	pg	A60	99
g	gf	A50	99
H	HI	A6	100
z	zae	A85	100
	IJ	A7	110
P	PN	A20	110
	CD	A49,A2	130
	Db	A39	130
W	Wy	A89	130
	ñE	A2,A3	131
	Bv	A69,A80	137
	Bñ	A70,A49	158
V	vx	A92	160
	AC	A81,A70	165
G	GH	A13,A12	174
	fT	A40,A32	184
	ñb	A2,A39	185
ae	aeq	A84,A72	185
	gX	A50,A40	187
	NJ	A14,A8	187
	Añ	A1	190

ANEXOS

	XP	A32,A26	192
	IK	A10,A9	193
	yae	A87,A85	195
	qg	A71,A60	198
	pf	A60,A50	198
	PK	A20,A14	203
	CE	A49,A2,A3	206
	Eb	A3,A39	206
	XN	A32,A26,A20	206
	TN	A26,A20	206
	BD	A70,A49,A2	213
	Ax	A93,A92	219
	Cv	A70,A69,A80	220
E	EF	A4	220
	HJ	A6,A7	220
	Wz	A89,A87	225
	FH	A5	226
	Da	A39,A38	227
x	xW	A91	230
	Cb	A96,A48	243
	AD	A1,A2	245
	ñv	A1,A93	249
	GI	A13,A11,A10	266
	GK	A13,A11,A9	271
	fP	A40,A32,A26	280
	ña	A2,A39,A38	282
	SP	A25,A23,A21	282
	aep	A84,A73,A61	282
	zq	A86,A74,A72	283
	gT	A50,A40,A32	283
	pX	A60,A50,A40	286
	IN	A10,A16,A15	288
	BE	A70,A49,A2,A3	289
	HK	A6,A10,A9	295
	DF	A3,A4	296
	aX	A37,A35,A33	296
	Bx	A69,A80,A92	297
	qf	A71,A60,A50	297

ANEXOS

	PJ	A20,A14,A8	297
	XK	A32,A26,A20,A14	299
	TK	A26,A20,A14	299
	Ea	A3,A39,A38	303
	Dv	A2,A1,A93	304
	xy	A97,A78,A88	312
	AE	A1,A2,A3	321
	Wae	A89,A87,A85	325
	FI	A5,A6	326
	Ca	A96,A48,A38	340
	Bb	A70,A49,A2,A39	343
	ñF	A2,A3,A4	351
	FS	A19,A24,A25	359
	GS	A13,A18,A24,A25	364
	GN	A13,A11,A9,A14	364
F	FG	A19,A18,A13	365
	GJ	A13,A11,A9,A8	365
	Sa	A25,A30,A36,A37	372
	Ab	A1,A2,A39	375
	ST	A25,A30,A29,A27	377
	zp	A86,A75,A63,A61	378
	SN	A25,A24,A17,A15	379
	gP	A50,A40,A32,A26	379
	Cx	A70,A69,A80,A92	380
	Ev	A3,A2,A1,A93	380
	FN	A19,A17,A15	380
	aeg	A84,A73,A62,A51	380
	yq	A87,A86,A74,A72	381
	pT	A60,A50,A40,A32	382
	qX	A71,A60,A50,A40	385
	bv	A48,A58,A95,A80	387
	HS	A12,A18,A24,A25	388
	IP	A10,A16,A22,A21	388
	aT	A37,A35,A34,A27	389
	HN	A6,A10,A16,A15	390
	vW	A92,A91	390
	fN	A40,A32,A26,A20	390
	xz	A97,A78,A76,A86	391

ANEXOS

	bX	A38,A37,A35,A33	393
	af	A37,A44,A43,A41	393
	XJ	A32,A26,A20,A14,A8	393
	TJ	A26,A20,A14,A8	393
	ñx	A1,A93,A92	409
	CF	A49,A2,A3,A4	426
	Fb	A4,A3,A39	426
	FJ	A5,A6,A7	436
	Ba	A70,A49,A2,A39,A38	440
	EH	A4,A5	446
	AW	A93,A92,A91	449
	Dx	A2,A1,A93,A92	464
S	Sb	A25,A30,A36,A37,A38	469
	Aa	A1,A2,A39,A38	472
I	IS	A10,A16,A22,A23,A25	472
	SK	A25,A24,A17,A15,A14	472
	vy	A92,A97,A78,A88	472
	FK	A19,A17,A15,A14	473
	yp	A87,A86,A75,A63,A61	473
	zg	A86,A75,A64,A53,A51	475
	SX	A25,A30,A36,A35,A33	476
	aef	A84,A73,A62,A52,A41	476
	ES	A31,A30,A25	477
	FP	A19,A24,A23,A21	477
	pP	A60,A50,A40,A32,A26	478
	bf	A48,A47,A45,A43,A41	480
	ay	A46,A56,A66,A77,A88	480
	qT	A71,A60,A50,A40,A32	481
	GP	A13,A18,A24,A23,A21	482
	ag	A37,A44,A54,A53,A51	483
	fK	A40,A32,A26,A20,A14	483
a	av	A38,A48,A58,A95,A80	484
	aP	A37,A35,A34,A27,A26	485
	bT	A38,A37,A35,A34,A27	486
	IT	A10,A16,A22,A28,A27	488
	gN	A50,A40,A32,A26,A20	489
	HP	A6,A10,A16,A22,A21	490
	xae	A97,A78,A76,A86,A85	491

ANEXOS

ET	A31,A29,A27	492
bx	A48,A58,A68,A79,A97	493
xq	A97,A78,A76,A74,A72	508
Wq	A89,A87,A86,A74,A72	508
BF	A70,A49,A2,A3,A4	509
BW	A69,A94,A79,A90	519
DH	A3,A4,A5	522
DX	A39,A38,A37,A35,A33	523
Fa	A4,A3,A39,A37	523
Ay	A93,A92,A97,A78,A88	531
By	A69,A94,A79,A78,A88	531
Ex	A3,A2,A1,A93,A92	540
AF	A1,A2,A3,A4	541
EI	A4,A5,A6	546
DS	A3,A31,A30,A25	553
Cf	A96,A47,A45,A43,A41	557
az	A37,A44,A54,A64,A75,A86	558
aeX	A84,A73,A62,A52,A41,A40	564
by	A48,A58,A68,A79,A78,A88	565
zf	A86,A75,A64,A54,A43,A41	565
SJ	A25,A24,A17,A15,A14,A8	566
vz	A92,A97,A78,A88,A87	567
yg	A87,A86,A75,A64,A53,A51	570
FT	A19,A24,A30,A29,A27	572
Ga	A13,A18,A24,A30,A36,A37	573
Sf	A25,A30,A36,A44,A43,A41	573
bg	A48,A58,A57,A55,A53,A51,	573
DT	A3,A31,A29,A27	576
ñH	A2,A3,A4,A5	577
GT	A13,A18,A24,A30,A29,A27	577
qP	A71,A60,A50,A40,A32,A26	577
fJ	A40,A32,A26,A20,A14,A8	577
ñX	A2,A39,A38,A37,A35,A33	578
ap	A37,A44,A54,A64,A63,A61	580
IX	A10,A16,A22,A28,A34,A33	581
bP	A38,A37,A35,A34,A27,A26	582
gK	A50,A40,A32,A26,A20,A14	582
aN	A37,A36,A30,A24,A17,A15	587

ANEXOS

EX	A31,A29,A27,A32	588
pN	A60,A50,A40,A32,A26,A20	588
HT	A6,A10,A16,A22,A28,A27	590
ax	A38,A48,A58,A68,A79,A97	590
vg	A80,A95,A57,A55,A53,A51	594
vf	A80,A95,57,A55,A43,A41	594
EP	A31,A30,A23,A21	595
Ha	A12,A18,A24,A30,A36,A37	596
Fv	A4,A3,A2,A1,A93,	600
CW	A70,A69,A94,A79,A90	602
Bg	A69,A95,A57,A55,A53,A51	603
xp	A97,A78,A76,A75,A63,A61	603
Wp	A89,A87,A86,A75,A63,A61	603
Bz	A69,A94,A67,A65,A75,A86	607
ñS	A2,A3,A31,A30,A25	608
Df	A39,A38,A37,A35,A33,A40	611
Cy	A70,A69,A94,A79,A78,A88	614
EG	A4,A5,A12,A13	620
vp	A80,A94,A67,A65,A63,A61	620
DI	A3,A4,A5,A6	622
Az	A93,A92,A97,A78,A88,A87	626
Bp	A69,A94,A67,A65,A63,A61	629
ñT	A2,A3,A31,A29,A27	631
ñf	A49,A96,A47,A45,A43,A41	632
CX	A96,A48,A38,A37,A35,A33	636
ñW	A1,A93,A92,A91	639
Bf	A70,A96,A47,A45,A43,A41	640
bz	A48,A58,A68,A79,A78,A76,A86	644
aW	A38,A48,A58,A68,A79,A90	650
CH	A49,A2,A3,A4,A5	652
Hb	A5,A4,A3,A39	652
Ag	A93,A80,A95,A57,A55,A53,A51	653
zX	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40	653
Cg	A96,A47,A45,A43,A41,A50	656
EJ	A4,A5,A6,A7	656
aae	A37,A44,A54,A64,A75,A86,A85	658
yf	A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41	660
aeT	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32	660

ANEXOS

Sg	A25,A30,A36,A44,A54,A53,A51	663
bp	A48,A58,A68,A67,A65,A63,A61	663
vae	A92,A97,A78,A88,A87,A85	667
vq	A92,A97,A78,A76,A74,A72	668
Gb	A13,A18,A24,A30,A36,A37,A38	669
FX	A19,A24,A30,A36,A35,A33	671
DP	A3,A31,A29,A27,A26	672
bW	A48,A58,A68,A79,A90	673
aq	A37,A44,A54,A64,A75,A74,A72	675
DN	A3,A4,A19,A17,A15	676
GX	A13,A18,A24,A30,A36,A35,A33	676
gJ	A50,A40,A32,A26,A20,A14,A8	676
ñl	A2,A3,A4,A5,A6	677
lf	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A41	677
Ap	A93,A80,A94,A67,A65,A63,A61	679
la	A10,A16,A22,A28,A34,A35,A37	679
aK	A37,A36,A30,A24,A17,A15,A14	680
pK	A60,A50,A40,A32,A26,A20,A14	681
vX	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40	682
CS	A49,A2,A3,A31,A30,A25	683
DW	A39,A48,A58,A68,A79,A90	683
HX	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A33	683
Ef	A31,A29,A27,A32,A40	684
bN	A38,A37,A36,A30,A24,A17,A15	684
qN	A71,A60,A50,A40,A32,A26,A20	687
Cz	A70,A69,A94,A67,A65,A75,A86	690
EN	A31,A24,A17,A15	692
DG	A3,A4,A5,A12,A13	696
xg	A97,A78,A76,A75,A64,A53,A51	700
Wg	A89,A87,A86,A75,A64,A53,A51	700
CT	A49,A2,A3,A31,A29,A27	706
Bae	A69,A94,A67,A65,A75,A86,A85	707
Dy	A39,A38,A46,A56,A66,A77,A88	707
Dg	A39,A38,A37,A44,A54,A53,A52	710
Aæ	A93,A92,A97,A78,A76,A74,A84	712
Cp	A70,A69,A94,A67,A65,A63,A61	712
ñy	A49,A96,A47,A56,A66,A77,A88	720
Af	A81,A70,A96,A47,A45,A43,A41	722

ANEXOS

ñg	A49,A96,A47,A45,A53,A51	722
Bq	A69,A94,A79,A78,A76,A74,A72	727
ñP	A2,A3,A31,A29,A27,A26	727
BX	A70,A96,A47,A45,A43,A41,A40	728
ñN	A2,A3,A4,A19,A17,A15	731
DJ	A3,A4,A5,A6,A7	732
BH	A70,A49,A2,A3,A4,A5	735
Sz	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86	738
bae	A48,A58,A68,A79,A78,A76,A86,A85	744
γX	A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40	748
zT	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32	749
ñG	A2,A3,A4,A5,A12,A13	751
Cl	A49,A2,A3,A4,A5,A6	752
aeP	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32,A26	756
EW	A3,A39,A48,A58,A68,A79,A90	759
Fx	A4,A3,A2,A1,A93,A92	760
Sp	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A63,A61	760
bq	A48,A58,A68,A79,A78,A76,A74,A72	761
BS	A70,A49,A2,A3,A31,A30,A25	766
AH	A1,A2,A3,A4,A5	767
AX	A1,A2,A39,A38,A37,A35,A33	768
Ff	A19,A24,A30,A36,A44,A43,A41	768
DK	A3,A4,A19,A17,A15,A14	769
Gf	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A43,A41	773
lg	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A51	773
aJ	A37,A36,A30,A24,A17,A15,A14,A8	774
pJ	A60,A50,A40,A32,A26,A20,A14,A8	775
lb	A10,A16,A22,A28,A34,A35,A37,A38	776
bK	A38,A37,A36,A30,A24,A17,A15,A14	777
Aq	A93,A80,A94,A67,A65,A63,A61,A71	778
vT	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32	778
Hf	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A41	779
qK	A71,A60,A50,A40,A32,A26,A20,A14	780
Ey	A3,A39,A38,A46,A56,A66,A77,A88	783
Dz	A39,A38,A37,A44,A54,A64,A75,A86	785
EK	A31,A24,A17,A15,A14	785
Eg	A31,A36,A44,A54,A53,A51	786
ñJ	A2,A3,A4,A5,A6,A7	787

ANEXOS

BT	A70,A49,A2,A3,A31,A29,A27	789
Cae	A70,A69,A94,A67,A65,A75,A86,A85	790
xf	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A43,A41	790
Wf	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41	790
ñz	A49,A96,A47,A45,A54,A64,A75,A86	797
AS	A1,A2,A3,A31,A30,A25	798
CP	A49,A2,A3,A31,A29,A27,A26	802
CN	A49,A2,A3,A4,A19,A17,A15	806
Dp	A39,A38,A37,A44,A54,A64,A63,A61	807
Cq	A70,A69,A94,A67,A65,A63,A73,A72	809
ñp	A49,A96,A47,A45,A54,A64,A63,A61	819
AT	A1,A2,A3,A31,A29,A27	821
Ñk	A2,A3,A4,A19,A17,A15,A14	825
CG	A49,A2,A3,A4,A5,A12,A13	826
Hv	A5,A4,A3,A2,A1,A93	826
Sy	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87	833
Bl	A70,A49,A2,A3,A4,A5,A6	835
Sae	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A85	838
yT	A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32	844
zP	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26	845
Sq	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A74,A72	855
Sv	A25,A30,A31,A3,A2,A1,A93	857
Fg	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A53,A51	858
Ez	A31,A36,A44,A54,A64,A75,A86	861
CJ	A49,A2,A3,A4,A5,A6,A7	862
Gg	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A53,A51	863
aeN	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32,A26,A20	866
Al	A1,A2,A3,A4,A5,A6	867
Eae	A31,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A85	871
lp	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A61	871
bj	A38,A37,A36,A30,A24,A17,A15,A14,A8	871
vP	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32,A26	874
qJ	A71,A60,A50,A40,A32,A26,A20,A14,A8	874
Hg	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A51	875
xX	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A43,A41,A40	878
WX	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40	878
Ep	A31,A36,A44,A54,A64,A63,A61	883
BP	A70,A49,A2,A3,A31,A29,A27,A26	885

ANEXOS

Dae	A39,A38,A37,A44,A54,A64,A75,A86,A85	885
BN	A70,A49,A2,A3,A4,A19,A17,A15	889
ñae	A49,A96,A47,A45,A54,A64,A75,A86,A85	897
CK	A49,A2,A3,A4,A19,A17,A15,A14	899
Dq	A39,A38,A37,A44,A54,A64,A75,A74,A72	902
AG	A1,A2,A3,A4,A19,A18,A13	906
ñq	A49,A96,A47,A45,A54,A64,A75,A74,A72	914
AP	A1,A2,A3,A31,A29,A27A26	917
AN	A1,A2,A3,A4,A19,A17,A15	921
Iv	A6,A5,A4,A3,A2,A1,A93	926
Fz	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86	933
Gz	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86	938
yP	A87,A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26	940
BJ	A70,A49,A2,A3,A4,A5,A6,A7	945
lae	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A84	953
Fp	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A63,A61	955
Hz	A12,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86	955
zN	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26,A20	955
aeK	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32,A26,A20,A14	959
Gp	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A63,A61	960
SW	A25,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87,A89	963
Gv	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A55,A57,A95,A80	967
lq	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A72	968
WT	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27	971
Hp	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A61	973
xT	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32	974
AJ	A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7	977
Eq	A31,A36,A44,A54,A64,A75,A74,A72	978
BK	A70,A49,A2,A3,A4,A19,A17,A15,A14	982
vN	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32,A26,A20	984
Hx	A5,A4,A3,A2,A1,A93,A92	986
FW	A4,A3,A2,A1,A93,A92,A91	990
AK	A1,A2,A3,A4,A19,A17,A15,A14	1014
Sx	A25,A30,A31,A3,A2,A1,A93,A92	1017
Fy	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87	1028
Fae	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A85	1033
Gy	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87	1033
Gae	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A85	1038

ANEXOS

yN	A87,A86,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15	1048
zK	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26,A20,A14	1048
Fq	A19,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A74,A72	1050
lz	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A84,A85	1053
aeJ	A84,A73,A62,A52,A41,A40,A32,A26,A20,A14,A8	1053
Gq	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A74,A72	1055
Hae	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A84	1055
Hy	A12,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87	1057
WP	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27,A26	1067
Hq	A6,A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A72	1070
xP	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26	1070
vK	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32,A26,A20,A14	1077
Ix	A6,A5,A4,A3,A2,A1,A93,A92	1086
yK	A87,A86,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15,A14	1141
zJ	A86,A75,A64,A54,A43,A41,A40,A32,A26,A20,A14,A8	1142
Iy	A10,A16,A22,A28,A34,A42,A52,A62,A73,A84,A85,A87	1150
Gx	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A76,A78,A97	1163
GW	A13,A18,A24,A30,A36,A44,A54,A64,A75,A86,A87,A89	1163
vJ	A80,A95,57,A55,A43,A41,A40,A32,A26,A20,A14,A8	1171
WN	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27,A26,A20	1177
xN	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15	1178
HW	A5,A4,A3,A2,A1,A93,A92,A91	1216
yJ	A87,A86,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15,A14,A8	1235
xK	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15,A14	1271
WK	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27,A26,A20,A14	1271
IW	A6,A5,A4,A3,A2,A1,A93,A92,A91	1316
xJ	A97,A78,A76,A75,A64,A54,A44,A36,A30,A24,A17,A15,A14,A8	1365
WJ	A89,A87,A86,A75,A64,A54,A44,A35,A34,A27,A26,A20,A14,A8	1365

ANEXOS

Anexo 10: Combinaciones posibles entre nodos en el CP Pueblo Griffo. Fuente: Elaboración propia.

NODO	RUTA	ARCOS	DISTANCIA
B	BD	A7,A6,A5,A4	730
	BE	A7,A6,A5	619
	BF	A7,A6	499
	BH	A7,A24	290
	BI	A7,A24,A23	385
	BK	A7,A24,A23,A53	471
	BL	A7,A24,A23,A53,A55,A27	631
	BM	A7,A24,A23,A53,A26	621
	B&	A7,A24,A23,A53,A55	501
	BN	A7,A13,A11,A9	670
	BP	A7,A24,A23,A22,A21	516
	BQ	A7,A24,A23,A22	457
	BR	A2,A52	600
	BS	A2,A52,A51	675
	BT	A7,A13,A11,A9,A14	870
	BU	A7,A24,A23,A22,A21,A19,A18,A16	821
	BV	A7,A24,A23,A22,A21,A19,A18	753
	BW	A7,A24,A23,A22,A21,A19	672
	BX	A7,A24,A23,A22,A33,A32	703
	BY	A7,A24,A23,A22,A33	617
	BZ	A7,A24,A23,A22,A33,A34	673
	Ba	A7,A13,A11,A9,A14,A28	914
	Bb	A7,A24,A23,A22,A21,A19,A18,A16,A30	873
	Bc	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	1037
	Bd	A7,A13,A11,A9,A14,A28,A43	1104
	Be	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	1097
	Bf	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40	957

ANEXOS

	Bh	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A38,A39	1054
	Bk	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A37,S49	979
	Bl	A7,A24,A23,A22,A33,A56,A36,A37	573
	BC	A2	300
C	CD	A2,A1,A3	1240
	CE	A52,A50,A34,A33,A21,A20,A12,A5	1317
	CF	A52,A50,A34,A33,A21,A20,A12	1197
	CH	A52,A50,A34,A33,A22,A23	1033
	CI	A52,A50,A34,A33,A22	938
	CK	A52,A50,A34,A33,A22,A53	1024
	C&	A52,A50,A34,A33,A22,A53,A55	1054
	CL	A52,A50,A34,A33,A22,A53,A55,A27	1184
	CM	A52,A50,A34,A33,A22,A53,A55,A26	1174
	CN	A2,A7,A13,A11,A9	860
	CP	A52,A50,A34,A33,A21	925
	CQ	A52,A50,A34,A33	866
	CR	A52	300
	CS	A52,A51	375
	CT	A2,A7,A13,A11,A9,A14	1060
	CU	A2,A7,A13,A11,A17,A16	1018
	CV	A2,A7,A13,A11,A17	950
	CW	A52,A50,A36,A35,A31	906
	CX	A52,A50,A36,A35	786
	CY	A52,A50,A34	706
	CZ	A52,A50	650
	Ca	A2,A7,A13,A11,A9,A14,A28	1104
	Cb	A2,A7,A13,A11,A9,A14,A28,A29	1194
	Cc	A52,A50,A36,A38,A40,A41	1014
	Cd	A52,A50,A36,A38,A40,A41,A44	1113
	Ce	A52,A50,A36,A38,A40,A47	1074

ANEXOS

	Cf	A52,A50,A36,A38,A40	934
	Ch	A52,A50,A36,A38,A39	1031
	Ck	A52,A50,A36,A37,A49	956
	Cl	A52,A50,A36,A37	786
D	DE	A4	111
	DF	A4,A5	231
	DH	A4,A5,A6,A24	580
	DI	A4,A5,A6,A24,A23	675
	DK	A4,A5,A6,A24,A23,A53	761
	DL	A4,A5,A6,A24,A23,A53,A55,A27	921
	DM	A4,A5,A6,A24,A23,A53,A55,A26	911
	D&	A4,A5,A6,A24,A23,A53	791
	DN	A8	190
	DP	A4,A5,A12,A20	611
	DQ	A4,A5,A12,A20,A21	670
	DR	A4,A10,A17,A18,A31,A35,A36,A50	1198
	DS	A4,A10,A17,A18,A31,A35,A36,A50,A51	1273
	DT	A8,A14	390
	DU	A8,A14,A15	500
	DV	A4,A10,A17	510
	DW	A4,A10,A17,A18	591
	DX	A4,A10,A17,A18,A31	711
	DY	A4,A10,A17,A18,A31,A32	797
	DZ	A4,A10,A17,A18,A31,A35,A36	847
	Da	A8,A14,A28	434
	Db	A8,A14,A28,A29	524
	Dc	A8,A14,A28,A29,A42	704
	Dd	A8,A14,A28,A43	624
	De	A8,A14,A28,A43,A45	744
	Df	A8,A14,A28,A29,A42,A41	784

ANEXOS

	Dh	A8,A14,A28,A29,A42,A41,A40,A39	987
	Dk	A8,A14,A28,A29,A42,A41,A40,A55	916
	DI	A4,A10,A17,A18,A31,A35,A37	842
E	EF	A5	120
	EH	A5,A6,A24	469
	EI	A5,A6,A24,A23	564
	EK	A5,A6,A24,A23,A53	650
	EL	A5,A6,A24,A23,A53,A55,A27	810
	EM	A5,A6,A24,A23,A53,A55,A27	800
	E&	A5,A6,A24,A23,A53,A55	680
	EN	A4,A8	301
	EP	A5,A12,A20	500
	EQ	A5,A12,A20,A21	559
	ER	A10,A17,A18,A31,A35,A36,A50	1087
	ES	A10,A17,A18,A31,A35,A36,A50,A51	1162
	ET	A4,A8,A14	501
	EU	A10,A17,A16	468
	EV	A10,A17	400
	EW	A10,A17,A18	481
	EX	A10,A17,A18,A31	601
	EY	A10,A17,A18,A31,A32	687
	EZ	A10,A17,A18,A31,A32,A34	743
	Ea	A4,A8,A14,A28	545
	Eb	A10,A17,A16,A30	520
	Ec	A10,A17,A16,A30,A42	700
	Ed	A4,A8,A14,A28,A43	735
	Ee	A4,A8,A14,A28,A43,A45	855
	Ef	A10,A17,A16,A30,A42,A41	780
	Eh	A10,A17,A16,A30,A42,A41,A40,A39	983
	Ek	A10,A17,A16,A30,A42,A41,A40,A55	912

ANEXOS

	EI	A10,A17,A18,A31,A35,A37	731
F	FH	A6,A24	349
	FI	A6,A24,A23	444
	FK	A6,A24,A23,A53	530
	FL	A6,A24,A23,A53,A55,A27	690
	FM	A6,A24,A23,A53,A55,A26	680
	F&	A6,A24,A23,A53,A55	560
	FN	A5,A10,A9	430
	FP	A12,A20	380
	FQ	A12,A20,A21	439
	FR	A12,A20,A21,A33,A34,A50	1005
	FS	A12,A20,A21,A33,A34,A50,A51	1080
	FT	A5,A10,A9,A14	630
	FU	A5,A10,A17,A16	588
	FV	A5,A10,A17	520
	FW	A12,A20,A19	536
	FX	A12,A20,A19,A31	656
	FY	A12,A20,A21,A33	599
	FZ	A12,A20,A21,A33,A34	655
	Fa	A5,A10,A9,A14,A28	674
	Fb	A5,A10,A17,A16,A30	640
	Fc	A5,A10,A17,A16,A30,A42	820
	Fd	A5,A10,A9,A14,A28,A43	864
	Fe	A5,A10,A9,A14,A28,A43,A45	984
	Ff	A5,A10,A17,A16,A30,A42,A41	900
	Fh	A5,A10,A17,A16,A30,A42,A41,A40,A39	1103
	Fk	A5,A10,A17,A16,A30,A42,A41,A40,A55	1032
	Fl	A12,A20,A21,A33,A34,A36,A37	791
H	HI	A23	95
	HK	A23,A53	181

ANEXOS

	HL	A23,A53,A55,A27	341
	HM	A23,A53,A55,A26	331
	H&	A23,A53,A55	211
	HN	A24,A13,A11,A9	520
	HP	A23,A22,A21	226
	HQ	A23,A22	167
	HR	A23,A22,A33,A34,A50	733
	HS	A23,A22,A33,A34,A50,A51	808
	HT	A23,A22,A21,A19,A18,A16,A15	641
	HU	A23,A22,A21,A19,A18,A16	531
	HV	A23,A22,A21,A19,A18	463
	HW	A23,A22,A21,A19	382
	HX	A23,A22,A33,A32	413
	HY	A23,A22,A33	327
	HZ	A23,A22,A33,A34	383
	Ha	A23,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	673
	Hb	A23,A22,A21,A19,A18,A16,A30	583
	Hc	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	747
	Hd	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	846
	He	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	807
	Hf	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40	667
	Hh	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A39	764
	Hk	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A55	693
	Hi	A23,A22,A33,A34,A36,A37	519
I	IK	A53	86
	IL	A53,A55,A27	246
	IM	A53,A55,A26	236
	I&	A53,A55	116
	IN	A22,A21,A20,A11,A9	611
	IP	A22,A21	131

ANEXOS

	IQ	A22	72
	IR	A22,A33,A34,A50	638
	IS	A22,A33,A34,A50,A51	713
	IT	A22,A21,A19,A18,A16,A15	546
	IU	A22,A21,A19,A18,A16	436
	IV	A22,A21,A19,A18	368
	IW	A22,A21,A19	287
	IX	A22,A33,A32	318
	IY	A22,A33	232
	IZ	A22,A33,A34	288
	Ia	A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	578
	Ib	A22,A21,A19,A18,A16,A30	526
	Ic	A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	652
	Id	A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	751
	Ie	A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	712
	If	A22,A33,A34,A36,A38,A40	572
	Ih	A22,A33,A34,A36,A38,A39	669
	Ik	A22,A33,A34,A36,A38,A55	598
	Il	A22,A33,A34,A36,A37	424
K	KL	A55,A27	160
	KM	A55,A26	150
	K&	A55	30
	KN	A53,A22,A21,A20,A11,A9	611
	KP	A53,A22,A21	217
	KQ	A53,A22	158
	KR	A53,A22,A33,A34,A50	724
	KS	A53,A22,A33,A34,A50,A51	799
	KT	A53,A22,A21,A19,A18,A16,A15	632
	KU	A53,A22,A21,A19,A18,A16	522
	KV	A53,A22,A21,A19,A18	454

ANEXOS

	KW	A53,A22,A21,A19	373
	KX	A53,A22,A33,A32	404
	KY	A53,A22,A33	318
	KZ	A53,A22,A33,A34	374
	Ka	A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	664
	Kb	A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30	574
	Kc	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	738
	Kd	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A47	837
	Ke	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	798
	Kf	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40	658
	Kh	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A39	755
	Kk	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A55	684
	Kl	A53,A22,A33,A34,A36,A37	510
L	LM	A27,A26	310
	L&	A27	130
	LN	A27,A55,A53,A22,A21,A20,A11,A9	857
	LP	A27,A55,A53,A22,A21	377
	LQ	A27,A55,A53,A22	318
	LR	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A50	884
	LS	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A50,A51	959
	LT	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A15	792
	LU	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16	682
	LV	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18	614
	LW	A27,A55,A53,A22,A21,A19	533
	LX	A27,A55,A53,A22,A33,A32	564
	LY	A27,A55,A53,A22,A33	478
	LZ	A27,A55,A53,A22,A33,A34	534
	La	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	824
	Lb	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30	734
	Lc	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	898

ANEXOS

	Ld	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	997
	Le	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	958
	Lf	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40	948
	Lh	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A39	915
	Lk	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A55	840
	LI	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,37	670
M	M&	A26	120
	MN	A26,A55,A53,A22,A21,A20,A11,A9	847
	MP	A26,A55,A53,A22,A21	367
	MQ	A26,A55,A53,A22	308
	MR	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A50	841
	MS	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A50,A51	916
	MT	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A15	782
	MU	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16	672
	MV	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18	604
	MW	A26,A55,A53,A22,A21,A19	523
	MX	A26,A55,A53,A22,A33,A32	554
	MY	A26,A55,A53,A22,A33	468
	MZ	A26,A55,A53,A22,A33,A34	524
	Ma	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	814
	Mb	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30	734
	Mc	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	888
	Md	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	987
	Me	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	948
	Mf	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40	808
	Mh	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A39	905
	Mk	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A55	834
	MI	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,37	660
&	&N	A55,A53,A22,A21,A20,A11,A9	641
	&P	A55,A53,A22,A21	247

ANEXOS

	&Q	A55,A53,A22	188
	&R	A55,A53,A22,A33,A34,A50	754
	&S	A55,A53,A22,A33,A34,A50,A51	829
	&T	A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A15	662
	&U	A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16	552
	&V	A55,A53,A22,A21,A19,A18	484
	&W	A55,A53,A22,A21,A19	403
	&X	A55,A53,A22,A33,A32	434
	&Y	A55,A53,A22,A33	348
	&Z	A55,A53,A22,A33,A34	404
	&a	A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	694
	&b	A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30	604
	&c	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	768
	&d	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A47	867
	&e	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	828
	&f	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40	688
	&h	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A39	785
	&k	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A55	714
	&l	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,37	540
N	NP	A9,A11,A20	480
	NQ	A9,A11,A20,A21	539
	NR	A9,A17,A18,A31,A35,A36,A50	1017
	NS	A9,A17,A18,A31,A35,A36,A50,A51	1092
	NT	A14	200
	UN	A14,A15	310
	NV	A9,A17	330
	NW	A9,A17,A18	411
	NX	A9,A17,A18,A31	531
	NY	A9,A17,A18,A31,A32	617
	NZ	A9,A17,A18,A31,A35,A36	667

ANEXOS

	Na	A14,A28	244
	Nb	A14,A28,A29	334
	Nc	A14,A28,A29,A42	514
	Nd	A14,A28,A43	434
	Ne	A14,A28,A43,A45	554
	Nf	A14,A28,A29,A42,A41	594
	Nh	A14,A28,A29,A42,A41,A40,A39	797
	Nk	A14,A28,A29,A42,A41,A40,A55	726
	Nl	A9,A17,A18,A31,A35,A37	661
P	PQ	A21	59
	PR	A21,A33,A34,A50	625
	PS	A21,A33,A34,A50,A51	700
	PT	A19,A18,A16,A15	415
	PU	A19,A18,A16	305
	PV	A19,A18	237
	PW	A19	156
	PX	A19,A31	276
	PY	A21,A33	219
	PZ	A21,A33,A34	275
	Pa	A19,A18,A16,A30,A29	447
	Pb	A19,A18,A16,A30	357
	Pc	A19,A18,A16,A30,A42	537
	Pd	A19,A18,A16,A30,A42,A44	636
	Pe	A21,A33,A34,A36,A38,A40,A47	699
	Pf	A21,A33,A34,A36,A38,A40	559
	Ph	A21,A33,A34,A36,A38,A39	656
	Pk	A21,A33,A34,A36,A38,A55	585
	Pl	A19,A31,A35,A37	406
Q	QR	A33,A34,A50	566
	QS	A33,A34,A50,A51	641

ANEXOS

	QT	A21,A19,A18,A16,A15	474
	QU	A21,A19,A18,A16	364
	QV	A21,A19,A18	296
	QW	A21,A19	202
	QX	A33,A32	246
	QY	A33	160
	QZ	A33,A34	216
	Qa	A21,A19,A18,A16,A30,A29	506
	Qb	A21,A19,A18,A16,A30	416
	Qc	A33,A34,A36,A38,A40,A41	580
	Qd	A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	679
	Qe	A33,A34,A36,A38,A40,A47	640
	Qf	A33,A34,A36,A38,A40	500
	Qh	A33,A34,A36,A38,A39	597
	Qk	A33,A34,A36,A38,A55	526
	Ql	A33,A34,A36,A37	352
R	RS	A51	75
	RT	A50,A36,A35,A31,A18,A16,A15	865
	RU	A50,A36,A35,A31,A18,A16	755
	RV	A50,A36,A35,A31,A18	687
	RW	A50,A36,A35,A31	606
	RX	A50,A36,A35	486
	RY	A50,A34	406
	RZ	A50	350
	Ra	A50,A36,A35,A31,A18,A16,A30,A29	897
	Rb	A50,A36,A35,A31,A18,A16,A30	807
	Rc	A50,A36,A38,A40,A41	714
	Rd	A50,A36,A38,A40,A41,A44	813
	Re	A50,A36,A38,A40,A47	774
	Rf	A50,A36,A38,A40	634

ANEXOS

	Rh	A50,A36,A38,A39	731
	Rk	A50,A36,A37,A49	656
	Rl	A50,A36,A37	486
S	ST	A51,A50,A36,A35,A31,A18,A16,A15	940
	SU	A51,A50,A36,A35,A31,A18,A16	830
	SV	A51,A50,A36,A35,A31,A18	762
	SW	A51,A50,A36,A35,A31	681
	SX	A51,A50,A36,A35	561
	SY	A51,A50,A34	481
	SZ	A51,A50	425
	Sa	A51,A50,A36,A35,A31,A18,A16,A30,A29	972
	Sb	A51,A50,A36,A35,A31,A18,A16,A30	882
	Sc	A51,A50,A36,A38,A40,A41	789
	Sd	A51,A50,A36,A38,A40,A41,A44	888
	Se	A51,A50,A36,A38,A40,A47	849
	Sf	A51,A50,A36,A38,A40	709
	Sh	A51,A50,A36,A38,A39	806
	Sk	A57,A56,A49	735
	Sl	A56	430
T	TU	A15	110
	TV	A15,A16	178
	TW	A15,A16,A18	259
	TX	A15,A16,A18,A31	379
	TY	A15,A16,A18,A31,A32	465
	TZ	A15,A16,A18,A31,A35,A36	601
	Ta	A28	44
	Tb	A28,A29	134
	Tc	A28,A29,A42	314
	Td	A28,A43	234
	Te	A28,A43,A45	424

ANEXOS

	Tf	A28,A29,A42,A41	394
	Th	A28,A29,A42,A41,A40,A39	597
	Tk	A28,A29,A42,A41,A40,A55	526
	TI	A15,A16,A18,A31,A35,A37	509
U	UV	A16	68
	UW	A16,A18	149
	UX	A16,A18,A31	269
	UY	A16,A18,A31,A32	355
	UZ	A16,A18,A31,A35,A36	405
	Ua	A30,A29	142
	Ub	A30	52
	Uc	A30,A42	232
	Ud	A30,A42,A44	331
	Ue	A30,A42,A41,A47	452
	Uf	A30,A42,A41	312
	Uh	A30,A42,A41,A40,A39	515
	Uk	A30,A42,A41,A40,A55	444
	UI	A16,A18,A31,A35,A37	399
V	VW	A18	81
	VX	A18,A31	201
	VY	A18,A31,A32	287
	VZ	A18,A31,A35,A36	337
	Va	A16,A30,A29	210
	Vb	A16,A30	120
	Vc	A16,A30,A42	300
	Vd	A16,A30,A42,A44	399
	Ve	A16,A30,A42,A41,A47	520
	Vf	A16,A30,A42,A41	380
	Vh	A16,A30,A42,A41,A40,A39	583
	Vk	A16,A30,A42,A41,A40,A55	512

ANEXOS

	VI	A18,A31,A35,A37	331
W	WX	A31	120
	WY	A31,A32	206
	WZ	A31,A35,A36	256
	Wa	A18,A16,A30,A29	291
	Wb	A18,A16,A30	201
	Wc	A18,A16,A30,A42	381
	Wd	A18,A16,A30,A42,A44	480
	We	A18,A16,A30,A42,A41,A47	601
	Wf	A18,A16,A30,A42,A41	461
	Wh	A18,A16,A30,A42,A41,A40,A39	664
	Wk	A18,A16,A30,A42,A41,A40,A55	593
	WI	A31,A35,A37	250
X	XY	A32	86
	XZ	A35,A36	136
	Xa	A31,A18,A16,A30,A29	411
	Xb	A31,A18,A16,A30	321
	Xc	A35,A38,A40,A41	358
	Xd	A35,A38,A40,A41,A44	457
	Xe	A35,A38,A40,A47	418
	Xf	A35,A38,A40	278
	Xh	A35,A38,A39	375
	Xk	A35,A38,A55	304
	XI	A35,A37	130
Y	YZ	A34	56
	Ya	A32,A31,A18,A16,A30,A29	497
	Yb	A32,A31,A18,A16,A30	407
	Yc	A34,A36,A38,A40,A41	420
	Yd	A34,A36,A38,A40,A41,A44	519
	Ye	A34,A36,A38,A40,A47	480

ANEXOS

	Yf	A34,A36,A38,A40	340
	Yh	A34,A36,A38,A39	437
	Yk	A34,A36,A38,A55	366
	Yl	A34,A36,A37	192
Z	Za	A36,A35,A31,A18,A16,A30,A29	547
	Zb	A36,A35,A31,A18,A16,A30	457
	Zc	A36,A38,A40,A41	364
	Zd	A36,A38,A40,A41,A44	463
	Ze	A36,A38,A40,A47	424
	Zf	A36,A38,A40	284
	Zh	A36,A38,A39	381
	Zk	A36,A38,A55	310
	Zl	A36,A37	136
a	ab	A29	90
	ac	A29,A42	270
	ad	A43	190
	ae	A43,A45	310
	af	A29,A42,A41	350
	ah	A29,A42,A41,A40,A39	553
	ak	A29,A42,A41,A40,A55	482
	al	A29,A42,A41,A40,A38,A37	628
b	bc	A42	180
	bd	A42,A44	279
	be	A42,A44,A45	399
	bf	A42,A41	260
	bh	A42,A41,A40,A39	463
	bk	A42,A41,A40,A55	392
	bl	A42,A41,A40,A38,A37	538
c	cd	A44	99
	ce	A44,A45	219

ANEXOS

	cf	A41	80
	ch	A41,A40,A39	283
	ck	A41	212
	cl	A41,A40,A38,A37	358
d	de	A45	120
	df	A44,A41	179
	dh	A44,A41,A40,A39	382
	dk	A44,A41,A40,A55	311
	dl	A44,A41,A40,A38,A37	457
e	ef	A47	140
	eh	A47,A40,A39	343
	ek	A47,A40,A55	272
	el	A47,A40,A38,A37	318
f	fh	A39,A55	229
	fk	A40,A55	132
	fl	A40,A38,A37	278
h	hk	A39,A55	229
	hl	A39,A38,A37	375
k	kl	A49	170

ANEXOS

Anexo 11: Selección de arcos ficticios en el CP Pueblo Griño. **Fuente:** Elaboración propia.

NODO	RUTA	ARCOS	DISTANCIA
Y P	K&	A55	30
	Ta	A28	44
	Ub	A30	52
	YZ	A34	56
	PQ	A21	59
U	UV	A16	68
	IQ	A22	72
R	RS	A51	75
	cf	A41	80
V	VW	A18	81
I X a	IK	A53	86
	XY	A32	86
	ab	A29	90
H	HI	A23	95
c T	cd	A44	99
	TU	A15	110
D	DE	A4	111
E M W d	I&	A53,A55	116
	EF	A5	120
	M&	A26	120
	Vb	A16,A30	120
	WX	A31	120
	de	A45	120
	L&	A27	130
	XI	A35,A37	130
	IP	A22,A21	131

ANEXOS

e	fk	A40,A55	132
	Tb	A28,A29	134
	XZ	A35,A36	136
	Zl	A36,A37	136
	ef	A47	140
	Ua	A30,A29	142
	UW	A16,A18	149
	KM	A55,A26	150
	PW	A19	156
	KQ	A53,A22	158
K	KL	A55,A27	160
	QY	A33	160
	HQ	A23,A22	167
k	kl	A49	170
	TV	A15,A16	178
b	df	A44,A41	179
	bc	A42	180
	HK	A23,A53	181
	&Q	A55,A53,A22	188
	DN	A8	190
	ad	A43	190
	Yl	A34,A36,A37	192
	NT	A14	200
	VX	A18,A31	201
	Wb	A18,A16,A30	201
	QW	A21,A19	202
	WY	A31,A32	206
	Va	A16,A30,A29	210
H&	A23,A53,A55	211	
ck	A41	212	

ANEXOS

f	QZ	A33,A34	216
	KP	A53,A22,A21	217
	PY	A21,A33	219
	ce	A44,A45	219
	HP	A23,A22,A21	226
	fh	A39,A55	229
h	hk	A39,A55	229
	DF	A4,A5	231
	IY	A22,A33	232
	Uc	A30,A42	232
	Td	A28,A43	234
	IM	A53,A55,A26	236
	PV	A19,A18	237
	Na	A14,A28	244
	IL	A53,A55,A27	246
	QX	A33,A32	246
	&P	A55,A53,A22,A21	247
	WI	A31,A35,A37	250
	WZ	A31,A35,A36	256
	TW	A15,A16,A18	259
	bf	A42,A41	260
	UX	A16,A18,A31	269
	ac	A29,A42	270
	ek	A47,A40,A55	272
	PZ	A21,A33,A34	275
	PX	A19,A31	276
	Xf	A35,A38,A40	278
	fl	A40,A38,A37	278
	bd	A42,A44	279
	ch	A41,A40,A39	283

ANEXOS

	Zf	A36,A38,A40	284
	IW	A22,A21,A19	287
	VY	A18,A31,A32	287
	IZ	A22,A33,A34	288
	BH	A7,A24	290
	Wa	A18,A16,A30,A29	291
	QV	A21,A19,A18	296
	BC	A2	300
	CR	A52	300
	Vc	A16,A30,A42	300
	EN	A4,A8	301
	Xk	A35,A38,A55	304
	PU	A19,A18,A16	305
	MQ	A26,A55,A53,A22	308
L	LM	A27,A26	310
	UN	A14,A15	310
	Zk	A36,A38,A55	310
	ae	A43,A45	310
	dk	A44,A41,A40,A55	311
	Uf	A30,A42,A41	312
	Tc	A28,A29,A42	314
	IX	A22,A33,A32	318
	KY	A53,A22,A33	318
	LQ	A27,A55,A53,A22	318
	el	A47,A40,A38,A37	318
	Xb	A31,A18,A16,A30	321
	HY	A23,A22,A33	327
	NV	A9,A17	330
	HM	A23,A53,A55,A26	331
	Ud	A30,A42,A44	331

ANEXOS

F	VI	A18,A31,A35,A37	331
	Nb	A14,A28,A29	334
	VZ	A18,A31,A35,A36	337
	Yf	A34,A36,A38,A40	340
	HL	A23,A53,A55,A27	341
	eh	A47,A40,A39	343
	&Y	A55,A53,A22,A33	348
	FH	A6,A24	349
	RZ	A50	350
	af	A29,A42,A41	350
	QI	A33,A34,A36,A37	352
	UY	A16,A18,A31,A32	355
	Pb	A19,A18,A16,A30	357
	Xc	A35,A38,A40,A41	358
	cl	A41,A40,A38,A37	358
	QU	A21,A19,A18,A16	364
	Zc	A36,A38,A40,A41	364
	Yk	A34,A36,A38,A55	366
	MP	A26,A55,A53,A22,A21	367
	IV	A22,A21,A19,A18	368
	KW	A53,A22,A21,A19	373
	KZ	A53,A22,A33,A34	374
	CS	A52,A51	375
	Xh	A35,A38,A39	375
	hl	A39,A38,A37	375
	LP	A27,A55,A53,A22,A21	377
	TX	A15,A16,A18,A31	379
	FP	A12,A20	380
	Vf	A16,A30,A42,A41	380
	Wc	A18,A16,A30,A42	381

ANEXOS

Zh	A36,A38,A39	381
HW	A23,A22,A21,A19	382
dh	A44,A41,A40,A39	382
HZ	A23,A22,A33,A34	383
Bl	A7,A24,A23	385
DT	A8,A14	390
bk	A42,A41,A40,A55	392
Tf	A28,A29,A42,A41	394
Ul	A16,A18,A31,A35,A37	399
Vd	A16,A30,A42,A44	399
be	A42,A44,A45	399
EV	A10,A17	400
&W	A55,A53,A22,A21,A19	403
KX	A53,A22,A33,A32	404
&Z	A55,A53,A22,A33,A34	404
UZ	A16,A18,A31,A35,A36	405
PI	A19,A31,A35,A37	406
RY	A50,A34	406
Yb	A32,A31,A18,A16,A30	407
NW	A9,A17,A18	411
Xa	A31,A18,A16,A30,A29	411
HX	A23,A22,A33,A32	413
PT	A19,A18,A16,A15	415
Qb	A21,A19,A18,A16,A30	416
Xe	A35,A38,A40,A47	418
Yc	A34,A36,A38,A40,A41	420
Il	A22,A33,A34,A36,A37	424
Te	A28,A43,A45	424
Ze	A36,A38,A40,A47	424
SZ	A51,A50	425

ANEXOS

	FN	A5,A10,A9	430
N	SI	A56	430
	Da	A8,A14,A28	434
	&X	A55,A53,A22,A33,A32	434
	Nd	A14,A28,A43	434
	IU	A22,A21,A19,A18,A16	436
	Yh	A34,A36,A38,A39	437
	FQ	A12,A20,A21	439
	FI	A6,A24,A23	444
	Uk	A30,A42,A41,A40,A55	444
	Pa	A19,A18,A16,A30,A29	447
	Ue	A30,A42,A41,A47	452
	KV	A53,A22,A21,A19,A18	454
	BQ	A7,A24,A23,A22	457
	Xd	A35,A38,A40,A41,A44	457
	Zb	A36,A35,A31,A18,A16,A30	457
	dl	A44,A41,A40,A38,A37	457
	Wf	A18,A16,A30,A42,A41	461
	HV	A23,A22,A21,A19,A18	463
	Zd	A36,A38,A40,A41,A44	463
	bh	A42,A41,A40,A39	463
	TY	A15,A16,A18,A31,A32	465
	EU	A10,A17,A16	468
	MY	A26,A55,A53,A22,A33	468
	EH	A5,A6,A24	469
	BK	A7,A24,A23,A53	471
	QT	A21,A19,A18,A16,A15	474
	LY	A27,A55,A53,A22,A33	478
	NP	A9,A11,A20	480
Wd	A18,A16,A30,A42,A44	480	

ANEXOS

Ye	A34,A36,A38,A40,A47	480
EW	A10,A17,A18	481
SY	A51,A50,A34	481
ak	A29,A42,A41,A40,A55	482
&V	A55,A53,A22,A21,A19,A18	484
RX	A50,A36,A35	486
RI	A50,A36,A37	486
Ya	A32,A31,A18,A16,A30,A29	497
BF	A7,A6	499
DU	A8,A14,A15	500
EP	A5,A12,A20	500
Qf	A33,A34,A36,A38,A40	500
B&	A7,A24,A23,A53,A55	501
ET	A4,A8,A14	501
Qa	A21,A19,A18,A16,A30,A29	506
TI	A15,A16,A18,A31,A35,A37	509
DV	A4,A10,A17	510
KI	A53,A22,A33,A34,A36,A37	510
Vk	A16,A30,A42,A41,A40,A55	512
Nc	A14,A28,A29,A42	514
Uh	A30,A42,A41,A40,A39	515
BP	A7,A24,A23,A22,A21	516
HI	A23,A22,A33,A34,A36,A37	519
Yd	A34,A36,A38,A40,A41,A44	519
Eb	A10,A17,A16,A30	520
FV	A5,A10,A17	520
HN	A24,A13,A11,A9	520
Ve	A16,A30,A42,A41,A47	520
KU	A53,A22,A21,A19,A18,A16	522
MW	A26,A55,A53,A22,A21,A19	523

ANEXOS

Z	Db	A8,A14,A28,A29	524
	MZ	A26,A55,A53,A22,A33,A34	524
	lb	A22,A21,A19,A18,A16,A30	526
	Qk	A33,A34,A36,A38,A55	526
	Tk	A28,A29,A42,A41,A40,A55	526
	FK	A6,A24,A23,A53	530
	HU	A23,A22,A21,A19,A18,A16	531
	NX	A9,A17,A18,A31	531
	LW	A27,A55,A53,A22,A21,A19	533
	LZ	A27,A55,A53,A22,A33,A34	534
	FW	A12,A20,A19	536
	Pc	A19,A18,A16,A30,A42	537
	bl	A42,A41,A40,A38,A37	538
	NQ	A9,A11,A20,A21	539
	&l	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,37	540
	Ea	A4,A8,A14,A28	545
	IT	A22,A21,A19,A18,A16,A15	546
	Za	A36,A35,A31,A18,A16,A30,A29	547
	&U	A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16	552
	ah	A29,A42,A41,A40,A39	553
	MX	A26,A55,A53,A22,A33,A32	554
	Ne	A14,A28,A43,A45	554
	EQ	A5,A12,A20,A21	559
	Pf	A21,A33,A34,A36,A38,A40	559
	F&	A6,A24,A23,A53,A55	560
	SX	A51,A50,A36,A35	561
	EI	A5,A6,A24,A23	564
	LX	A27,A55,A53,A22,A33,A32	564
Q	QR	A33,A34,A50	566
	If	A22,A33,A34,A36,A38,A40	572

ANEXOS

BI	A7,A24,A23,A22,A33,A56,A36,A37	573
Kb	A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30	574
la	A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	578
DH	A4,A5,A6,A24	580
Qc	A33,A34,A36,A38,A40,A41	580
Hb	A23,A22,A21,A19,A18,A16,A30	583
Vh	A16,A30,A42,A41,A40,A39	583
Pk	A21,A33,A34,A36,A38,A55	585
FU	A5,A10,A17,A16	588
DW	A4,A10,A17,A18	591
Wk	A18,A16,A30,A42,A41,A40,A55	593
Nf	A14,A28,A29,A42,A41	594
Qh	A33,A34,A36,A38,A39	597
Th	A28,A29,A42,A41,A40,A39	597
lk	A22,A33,A34,A36,A38,A55	598
FY	A12,A20,A21,A33	599
BR	A2,A52	600
EX	A10,A17,A18,A31	601
TZ	A15,A16,A18,A31,A35,A36	601
We	A18,A16,A30,A42,A41,A47	601
MV	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18	604
&b	A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30	604
RW	A50,A36,A35,A31	606
DP	A4,A5,A12,A20	611
IN	A22,A21,A20,A11,A9	611
KN	A53,A22,A21,A20,A11,A9	611
LV	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18	614
BY	A7,A24,A23,A22,A33	617
NY	A9,A17,A18,A31,A32	617
BE	A7,A6,A5	619

ANEXOS

&	BM	A7,A24,A23,A53,A26	621
	Dd	A8,A14,A28,A43	624
	PR	A21,A33,A34,A50	625
	al	A29,A42,A41,A40,A38,A37	628
	FT	A5,A10,A9,A14	630
	BL	A7,A24,A23,A53,A55,A27	631
	KT	A53,A22,A21,A19,A18,A16,A15	632
	Rf	A50,A36,A38,A40	634
	Pd	A19,A18,A16,A30,A42,A44	636
	IR	A22,A33,A34,A50	638
	Fb	A5,A10,A17,A16,A30	640
	Qe	A33,A34,A36,A38,A40,A47	640
	HT	A23,A22,A21,A19,A18,A16,A15	641
	&N	A55,A53,A22,A21,A20,A11,A9	641
	QS	A33,A34,A50,A51	641
	CZ	A52,A50	650
	EK	A5,A6,A24,A23,A53	650
	Ic	A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	652
	FZ	A12,A20,A21,A33,A34	655
	FX	A12,A20,A19,A31	656
	Ph	A21,A33,A34,A36,A38,A39	656
	Rk	A50,A36,A37,A49	656
	Kf	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40	658
	MI	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,37	660
	NI	A9,A17,A18,A31,A35,A37	661
	&T	A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A15	662
	Ka	A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	664
	Wh	A18,A16,A30,A42,A41,A40,A39	664
	Hf	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40	667
	NZ	A9,A17,A18,A31,A35,A36	667

ANEXOS

Ih	A22,A33,A34,A36,A38,A39	669
BN	A7,A13,A11,A9	670
DQ	A4,A5,A12,A20,A21	670
LI	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,37	670
BW	A7,A24,A23,A22,A21,A19	672
MU	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16	672
BZ	A7,A24,A23,A22,A33,A34	673
Ha	A23,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	673
Fa	A5,A10,A9,A14,A28	674
BS	A2,A52,A51	675
DI	A4,A5,A6,A24,A23	675
Qd	A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	679
E&	A5,A6,A24,A23,A53,A55	680
FM	A6,A24,A23,A53,A55,A26	680
SW	A51,A50,A36,A35,A31	681
LU	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16	682
Kk	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A55	684
EY	A10,A17,A18,A31,A32	687
RV	A50,A36,A35,A31,A18	687
&f	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40	688
FL	A6,A24,A23,A53,A55,A27	690
Hk	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A55	693
&a	A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	694
Pe	A21,A33,A34,A36,A38,A40,A47	699
Ec	A10,A17,A16,A30,A42	700
PS	A21,A33,A34,A50,A51	700
BX	A7,A24,A23,A22,A33,A32	703
Dc	A8,A14,A28,A29,A42	704
CY	A52,A50,A34	706
Sf	A51,A50,A36,A38,A40	709

ANEXOS

B	DX	A4,A10,A17,A18,A31	711
	le	A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	712
	IS	A22,A33,A34,A50,A51	713
	&k	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A55	714
	Rc	A50,A36,A38,A40,A41	714
	KR	A53,A22,A33,A34,A50	724
	Nk	A14,A28,A29,A42,A41,A40,A55	726
	BD	A7,A6,A5,A4	730
	EI	A10,A17,A18,A31,A35,A37	731
	Rh	A50,A36,A38,A39	731
	HR	A23,A22,A33,A34,A50	733
	Lb	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30	734
	Mb	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30	734
	Ed	A4,A8,A14,A28,A43	735
	Sk	A57,A56,A49	735
	Kc	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	738
	EZ	A10,A17,A18,A31,A32,A34	743
	De	A8,A14,A28,A43,A45	744
	Hc	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	747
	Id	A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	751
	BV	A7,A24,A23,A22,A21,A19,A18	753
	&R	A55,A53,A22,A33,A34,A50	754
	Kh	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A39	755
	RU	A50,A36,A35,A31,A18,A16	755
	DK	A4,A5,A6,A24,A23,A53	761
	SV	A51,A50,A36,A35,A31,A18	762
	Hh	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A39	764
	&c	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	768
	Re	A50,A36,A38,A40,A47	774
	Ef	A10,A17,A16,A30,A42,A41	780

ANEXOS

MT	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A15	782
Df	A8,A14,A28,A29,A42,A41	784
&h	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A39	785
CX	A52,A50,A36,A35	786
Cl	A52,A50,A36,A37	786
Sc	A51,A50,A36,A38,A40,A41	789
D&	A4,A5,A6,A24,A23,A53	791
Fl	A12,A20,A21,A33,A34,A36,A37	791
LT	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A15	792
DY	A4,A10,A17,A18,A31,A32	797
Nh	A14,A28,A29,A42,A41,A40,A39	797
Ke	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	798
KS	A53,A22,A33,A34,A50,A51	799
EM	A5,A6,A24,A23,A53,A55,A27	800
Sh	A51,A50,A36,A38,A39	806
He	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	807
Rb	A50,A36,A35,A31,A18,A16,A30	807
HS	A23,A22,A33,A34,A50,A51	808
Mf	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40	808
EL	A5,A6,A24,A23,A53,A55,A27	810
Rd	A50,A36,A38,A40,A41,A44	813
Ma	A26,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	814
Fc	A5,A10,A17,A16,A30,A42	820
BU	A7,A24,A23,A22,A21,A19,A18,A16	821
La	A27,A55,A53,A22,A21,A19,A18,A16,A30,A29	824
&e	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	828
&S	A55,A53,A22,A33,A34,A50,A51	829
SU	A51,A50,A36,A35,A31,A18,A16	830
Mk	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A55	834
Kd	A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A47	837

ANEXOS

Lk	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A55	840
MR	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A50	841
DI	A4,A10,A17,A18,A31,A35,A37	842
Hd	A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	846
DZ	A4,A10,A17,A18,A31,A35,A36	847
MN	A26,A55,A53,A22,A21,A20,A11,A9	847
Se	A51,A50,A36,A38,A40,A47	849
Ee	A4,A8,A14,A28,A43,A45	855
LN	A27,A55,A53,A22,A21,A20,A11,A9	857
CN	A2,A7,A13,A11,A9	860
Fd	A5,A10,A9,A14,A28,A43	864
RT	A50,A36,A35,A31,A18,A16,A15	865
CQ	A52,A50,A34,A33	866
&d	A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A47	867
BT	A7,A13,A11,A9,A14	870
Bb	A7,A24,A23,A22,A21,A19,A18,A16,A30	873
Sb	A51,A50,A36,A35,A31,A18,A16,A30	882
LR	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A50	884
Mc	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	888
Sd	A51,A50,A36,A38,A40,A41,A44	888
Ra	A50,A36,A35,A31,A18,A16,A30,A29	897
Lc	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	898
Ff	A5,A10,A17,A16,A30,A42,A41	900
Mh	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A39	905
CW	A52,A50,A36,A35,A31	906
DM	A4,A5,A6,A24,A23,A53,A55,A26	911
Ek	A10,A17,A16,A30,A42,A41,A40,A55	912
Ba	A7,A13,A11,A9,A14,A28	914
Lh	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A39	915
Dk	A8,A14,A28,A29,A42,A41,A40,A55	916

ANEXOS

S	MS	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A50,A51	916
	DL	A4,A5,A6,A24,A23,A53,A55,A27	921
	CP	A52,A50,A34,A33,A21	925
	Cf	A52,A50,A36,A38,A40	934
	CI	A52,A50,A34,A33,A22	938
	ST	A51,A50,A36,A35,A31,A18,A16,A15	940
	Lf	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40	948
	Me	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	948
	CV	A2,A7,A13,A11,A17	950
	Ck	A52,A50,A36,A37,A49	956
	Bf	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40	957
	Le	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	958
	LS	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A50,A51	959
	Sa	A51,A50,A36,A35,A31,A18,A16,A30,A29	972
	Bk	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A37,S49	979
	Eh	A10,A17,A16,A30,A42,A41,A40,A39	983
	Fe	A5,A10,A9,A14,A28,A43,A45	984
	Dh	A8,A14,A28,A29,A42,A41,A40,A39	987
	Md	A26,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	987
	Ld	A27,A55,A53,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41,A44	997
	FR	A12,A20,A21,A33,A34,A50	1005
	Cc	A52,A50,A36,A38,A40,A41	1014
	NR	A9,A17,A18,A31,A35,A36,A50	1017
	CU	A2,A7,A13,A11,A17,A16	1018
	CK	A52,A50,A34,A33,A22,A53	1024
	Ch	A52,A50,A36,A38,A39	1031
	Fk	A5,A10,A17,A16,A30,A42,A41,A40,A55	1032
	CH	A52,A50,A34,A33,A22,A23	1033
	Bc	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A41	1037
	Bh	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A38,A39	1054

ANEXOS

C	C&	A52,A50,A34,A33,A22,A53,A55	1054
	CT	A2,A7,A13,A11,A9,A14	1060
	Ce	A52,A50,A36,A38,A40,A47	1074
	FS	A12,A20,A21,A33,A34,A50,A51	1080
	ER	A10,A17,A18,A31,A35,A36,A50	1087
	NS	A9,A17,A18,A31,A35,A36,A50,A51	1092
	Be	A7,A24,A23,A22,A33,A34,A36,A38,A40,A47	1097
	Fh	A5,A10,A17,A16,A30,A42,A41,A40,A39	1103
	Bd	A7,A13,A11,A9,A14,A28,A43	1104
	Ca	A2,A7,A13,A11,A9,A14,A28	1104
	Cd	A52,A50,A36,A38,A40,A41,A44	1113
	ES	A10,A17,A18,A31,A35,A36,A50,A51	1162
	CM	A52,A50,A34,A33,A22,A53,A55,A26	1174
	CL	A52,A50,A34,A33,A22,A53,A55,A27	1184
	Cb	A2,A7,A13,A11,A9,A14,A28,A29	1194
	CF	A52,A50,A34,A33,A21,A20,A12	1197
	DR	A4,A10,A17,A18,A31,A35,A36,A50	1198
	CD	A2,A1,A3	1240
	DS	A4,A10,A17,A18,A31,A35,A36,A50,A51	1273
	CE	A52,A50,A34,A33,A21,A20,A12,A5	1317