

Propuesta Metodológica Para el Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Villa Clara

Methodological Proposal for the Urban Solid Waste Management System in
Villa Clara

MSc. Teresa Margarita Cárdenas-Ferrer^{1*}

Dr. C. Ronaldo Francisco Santos-Herrero¹

Dra. C. Ana Margarita Contreras-Moya¹

Dra. C. Elena Rosa-Domínguez¹

MSc. Ing Jorge Domínguez-Núñez²

¹Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Cuba.

²CITMA Villa Clara Marta Abreu Esq Juan Bruno Zayas # 78 Santa Clara Villa Clara.

*Autor para correspondencia. Correo: tcardenas@uclv.cu

Recibido: 8/09/2018

Aceptado: 15/01/2019

RESUMEN

En los últimos años, en la medida que se desarrolla y transforma el entorno con los innumerables avances científico-técnicos, han aumentado considerablemente los volúmenes de residuos sólidos urbanos (RSU). En la mayoría de los países en vías de desarrollo de América Latina y el Caribe, no existe conciencia ciudadana para el manejo de estos residuos ni soluciones prácticas, económicas viables; que no afecten la salud de la población y el medio ambiente.

La provincia de Villa Clara presenta la misma realidad mundial y nacional, por lo que el objetivo de este trabajo estuvo encaminado a elaborar y desarrollar una metodología que permita minimizar la inadecuada Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos existente,

coordinando todos los procesos del sistema de gestión y racionalizando su desempeño. La guía propuesta incluye aspectos generales a considerar en todo el proceso de la gestión de los RSU así como sus etapas específicas. La misma fue validada al ser aplicada en la ciudad de Santa Clara, donde se logró caracterizar el sistema de generación actual de la ciudad, así como la implementación de la metodología que incluye la recogida, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final, donde fue necesario el diseño de un nuevo recorrido para la transportación de los residuos.

Palabras Claves: residuos sólidos urbanos (RSU); Organización Panamericana de Salud (OPS); sistema de gestión de residuos sólidos urbanos (SGRUS).

ABSTRACT

In recent years, as the society it develops and transformed with countless scientific-technical advances, the volumes of solid waste urban waste (MSW) have increased considerably. In most of the developing countries in Latin America and Caribbean, there is no public awareness for the management of this waste or practical, economic and viable solutions that do not affect the health of the population and the environment.

The province of Villa Clara presents the same world and national reality, so the objective of this work is aimed at developing a methodology to minimize the inadequate management of Urban Solid Waste, coordinating all system processes and streamlining its performance. The guide includes general aspects to be considered throughout in the process and its specific stages. It is was validated and applied in the city of Santa Clara, where it is was possible to characterize the city's current generation system, as well as the implementation of the methodology that includes collection, storage, transport, treatment and final disposal, it was necessary to design a new route for the collection and transportation of solid waste.

Key Words: urban solid waste (USW); Organization Panamericana for Health (OPS); urban solid waste management system (SGRUS).

Introducción

A nivel mundial, los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición incorrecta y porque cada día aumentan, asociados al incremento de la

población humana, los procesos de transformación industrial, agroalimentarios y a los hábitos de consumo de las personas. ⁽¹⁾

La basura es un problema urbano fundamental. Los problemas de recolección, disposición y los riesgos ambientales asociados con los desechos continúan siendo un desafío para muchas ciudades. ⁽²⁾ Para alcanzar los niveles adecuados en el manejo de los RSU es preciso lograr un nivel de flexibilidad según las condiciones de cada lugar, conociendo que el éxito de la misma está dado por minimizar el tiempo que los residuales permanezcan sin recolectar, transportar y tratados, con el menor costo posible, para lo cual se hace necesario disponer de un instrumento que permita la gestión integral de los RSU. ^(3,4,5)

El manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) es uno de los más grandes desafíos que enfrentan las áreas urbanas de cualquier tamaño, y constituye una de las cinco principales problemáticas que las autoridades locales tienen que resolver. ^(6,7,8)

La gestión Integral de Residuos Sólidos urbano intervienen varios aspectos importantes como son: un enfoque a gestión y participación, Manejo de Residuos Sólidos y cómo está vinculado directamente con la salud, bienestar, economía y principalmente el ambiente. ⁽⁹⁾ Actualmente en todas las ciudades cubanas existen deficiencias relacionadas con el servicio de recolección y transportación de los RSU, tal es el caso de la ciudad de Santa Clara, los cuales están dados, en parte por la cantidad y disponibilidad de recursos para esta actividad. La empresa encargada de este servicio, en la ciudad no cuenta con los recursos necesarios para ejecutar la actividad.

A esta problemática se une la carencia de una guía Metodología para la Gestión Integral de los residuos sólidos urbanos en Santa Clara, motivo por lo que se hace necesario la búsqueda de soluciones para el manejo de estos residuales, priorizando el sistema de recolección y transportación de los mismos desde su origen hasta el vertedero municipal, para dar cumplimiento a lo estipulado en las normas cubanas. ^(10,11, 12, 13)

La gestión integral es un sistema de manejo de los residuos sólidos urbanos que, basado en el Desarrollo Sostenible, tiene como objetivo primordial la reducción de los residuos enviados a disposición final. Ello deriva en la preservación de la salud humana y la mejora de la calidad de vida de la población, como así también el cuidado del ambiente y la conservación de los recursos naturales. ⁽¹⁴⁾

En correspondencia con ello, el objetivo de este trabajo es la propuesta de la confección de una guía metodológica para la gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad de Santa Clara, con lo que se eliminarían problemas ambientales y sociales derivados de la generación y disposición de los residuos sólidos.

Materiales y métodos

1. Caracterizar la situación actual del sistema de gestión integral de los residuos sólidos en la ciudad de Santa Clara.
2. Proponer una guía metodológica que permita realizar adecuadamente la gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos generado en las ciudades.
3. Validar la guía propuesta mediante su aplicación al caso de la ciudad de Santa Clara.

La guía metodológica propuesta no se limita solamente a la generación, recolección y tratamiento final de los residuos sólidos, como se explica en el diagnóstico realizado a la ciudad de Santa Clara, sino que incluye otros conceptos, especialmente en el tratamiento, que ayuda a la protección al medio ambiente.

Caracterización de La Gestión Integral de los R.S.U en la Ciudad de Santa Clara. Situación Actual

Los residuos sólidos urbanos (R.S.U) tienen su origen en los sectores: domiciliario (82.3%), hospitalarios (1,1%) y la industria (16,6%). Están constituidos por materiales orgánicos como: el papel, la madera, la tela, la poda y restos de comida e inorgánicos como el vidrio, escombros, metales, entre otros.

Los datos estadísticos de la dirección municipal arrojan que se le presta servicio de recogida de Residuos Sólidos Urbanos a 216 056 habitantes y por los estudios realizados para la organización panamericana de salud (OPS) en el año 2016 muestran que en la ciudad se recogen diariamente aproximadamente 1356 m³ con un índice de generación para la poblacional urbana de 0.87 kg/hab./día, teniendo muy poca segregación inicial por lo que se mezclan tanto en el almacenamiento inicial como en la transportación. ^(3, 15, 16,17)

Procedimiento actual en la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Santa Clara

El sistema actual de gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad de Santa Clara está caracterizado por etapas simples que comprenden la generación, recolección

y vertido. Ver figura 1.

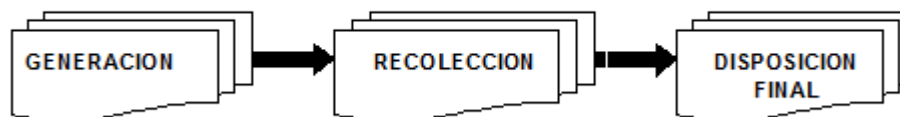


Fig. 1- Diagrama del sistema simple de manejo de residuos sólidos urbanos.

Fuente. Elaboración propia

Para el servicio de recolección, Comunales que es la empresa responsable de esta actividad dividió la ciudad en diez zonas. Tomando como criterio el número de habitantes y la cantidad de RSU generados. En cada zona la recolección tiene una frecuencia de cuatro días a la semana, exceptuando las zonas central, comercial, edificios de apartamentos e instituciones hospitalarias, donde el servicio se realiza diariamente en jornada diurna y nocturna.

El servicio de recogida y transportación en las condiciones actuales sólo cubre el 72,51 % de la demanda, prestándole este servicio al 92.8% de la población.

Almacenamiento

El almacenamiento de los residuos sólidos se realiza en condiciones inadecuadas sin segregación en el origen y en lugares alternativos presentes en edificios multifamiliares, comercios instituciones educativas y de salud.

Caracterización del Servicio de Recogida

Los principales sectores generadores de basura son barrios, ciudades, hospitales y construcciones por lo que existen implementadas estrategias para la recolección y transportación de los desechos.

Recolección

Los métodos de recolección empleado actualmente son: el método de Esquina o de Parada Fija, el método de Acera.

Y la existencia de sitios de disposición ilegales producto de la indisciplina social generados por las fallas del sistema de recogida.

Principales deficiencias en la actividad de Recogida

No existe uniformidad en los envases de recolección domiciliaria, mal almacenamiento primario de la basura la cual se encuentra toda mezclada, inadecuada estrategia de

recogida, inestabilidad en la frecuencia de recogida y por último las rutas de recolección no tienen un procedimiento logístico.

Caracterización del Servicio de Transportación

La transportación de los residuos es realizado por diferentes tipos y formas de vehículos, compactadores de carga trasera, camiones abiertos y carretas de tracción mecánica y animal.

Principales deficiencias en el Servicio de Transportación

1. No uniformidad en los carros donde se realiza la recogida domiciliaria.
2. Deficiente aprovechamiento de la capacidad de recogida de los carros.
3. Falta de control de los viajes al vertedero.
4. El recorrido de la recogida se realiza sin un sistema logístico de transportación.
5. Mala estrategia de decisión con respecto a las zonas afectadas.

Disposición final

La disposición final de los residuos en la ciudad de Santa Clara se realiza en 4 vertederos. Uno convencional mecanizado y cuatro a cielo abierto, con tratamiento parcial, por la falta de equipamiento.

Vertedero Municipal

Es del tipo Relleno Sanitario Convencional Mecanizado, con más de 45 años de explotación y cotas de residuales superiores a los 20 metros, con tratamiento diario que en ocasiones se incumple por el déficit de combustible.

Condiciones Sanitarias del vertedero municipal

Falta de cobertura periódica en la recolección y transporte, por ende exposición al aire libre de la basura, lo que genera la aparición de moscas, malos olores y la ocurrencia de combustiones espontáneas de la basura, donde se quema el plástico, trapo, papeles, lo que provoca el humo que llegue a las comunidades cercanas.

Vegas Nuevas: Vertedero ubicado muy cerca del perímetro urbano, del tipo Relleno Sanitario, con problemas en el tratamiento, al igual que el municipal.

Crucero Vila: Ubicado a la salida de Santa Clara a 3 km del límite de la ciudad, fue destinado para el residual que generaba las grandes empresas industriales del territorio.

Hatillo: Presta servicios a los poblados de Hatillo, Yabú y Picadora.

En los casos de los vertederos de Crucero Vila, Manajanabo y Hatillo son del tipo a cielo abierto con tratamiento de los residuales una vez al mes.

Disposición de los Residuos Sólidos Peligrosos

Tanto los residuos peligrosos generados en las entidades de salud, como los productos químicos caducados, se disponen en trincheras habilitadas en el vertedero municipal.

Principales deficiencias en la actividad de disposición final en los vertederos de la ciudad

1. Ausencia de equipos propios para realizar la actividad.
2. Presencia de personal ajeno al mismo.
3. Explosiones espontánea de metano hace que el humo y los mal olores que provoca la quema de la basura lleguen a la ciudad.

Propuesta de una Guía metodológica para el manejo integral de los Residuales Sólidos Urbanos

Se incluye la descripción de dicho procedimiento y su implementación en el caso de la ciudad de Santa Clara.

Aspectos generales de la metodología

El manejo de los residuos sólidos comprende etapas como, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento (procesos térmicos y biológicos), así como la disposición final en el relleno sanitario.

La guía metodológica propuesta no se limita a la generación, recolección y tratamiento final de los residuos sólidos, sino que incluye otros conceptos, especialmente en el tratamiento, que ayuda la protección al medio ambiente como se muestra en la figura 2.

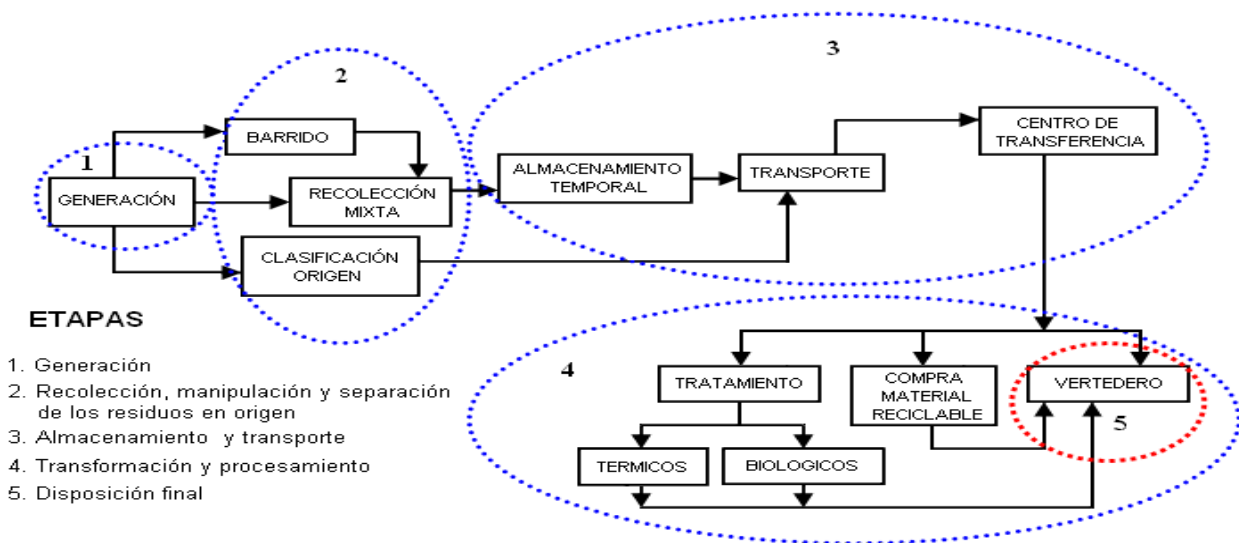


Fig. 2- Guía propuesta de un sistema de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos diferenciado para la ciudad de Santa Clara

Fuente. Elaboración propia

En el análisis integral se deben considerar aspectos generales a todas las etapas, tales como:

Aspectos de salud: El tratamiento de los residuos sólidos es una necesidad dirigida a preservar la salud de la población que se encuentra expuesta a algunos riesgos directos e indirectos, vinculados a la actividad.

Aspectos de costo: Cada etapa del manejo de los residuos sólidos tiene un costo, pero a menudo se da importancia solo a algunos de ellos, descuidando otros más significativos, de ahí la importancia de establecer los costos en cada una de las etapas del proceso como:

- Sueldos del personal
- Gastos de operación de vehículos y equipos mecánicos
- Gastos de capital
- Otros

Datos Básicos

Para aplicar un nuevo sistema de gestión de RSU, es indispensable reunir alguna información estadística. Mientras más completa sea ésta, mayor será la eficiencia que se consiga en el sistema y los datos básicos son:

- Cantidad de basura producida y tratada en el vertedero.
- Población que debe ser servida

3. Longitud de vías en que se debe efectuar la recolección y el barrido distancia al parqueo y distancia al lugar disposición final
4. Tiempos empleados en cada etapa.
 - a. Desde el parqueo hasta el comienzo del recorrido de recolección.
 - b. Duración de la recolección y/o barrido.
 - c. Tiempo en la transportación de ida y regreso al lugar de disposición.
 - d. Desde el lugar de disposición al parqueo.
 - e. Tiempo empleado en detenciones oficiales (para almorzar, por ejemplo).

Información complementaria

Aparte de los datos básicos se requiere conocer cantidad y estado técnico de los medios disponibles para ejecutar la actividad e informaciones como:

- a. Cantidad y capacitación del personal en funciones (choferes, cargadores, supervisores, barrenderos).
- b. Tipo de receptáculos que usa el público para depositar su basura.
- c. Ubicación del parqueo y de los lugares de disposición de los residuos.
- d. Trazar en un mapa el recorrido de la recolección y del barrido de la zona, indicando el sentido de las calles, así como el recorrido más óptimo. La escala debe ser 1: 5,000.
- e. Características de la zona comunal para detectar dificultades especiales

Problemas especiales

Los problemas especiales en la Gestión Integral de los residuos sólidos, están dados por dificultades que el sistema pudiera presentar en las labores higiénicas ambientales de la ciudad y el peligro para el personal que labora en la actividad, entre los que se encuentran los residuos hospitalarios, animales muertos, los residuos voluminosos (restos de poda) y las áreas de alta circulación de personas.

Control: Para mantener la calidad del servicio es indispensable establecer controles que aseguren la ejecución de los trabajos programados.

1. Control de cobertura diaria
2. Control de entrada al vertedero.
3. Parámetros de control del camión (salidas y llegadas del parqueo, comienzo de la recolección, llegadas y salidas al vertedero).
4. Control ocasional del servicio
5. Control contable.

Legalidad: La legislación ambiental en Cuba se encuentra en un proceso de perfeccionamiento, su eficacia dependerá no sólo de lo adecuado de su formulación, sino de la capacidad real de su cumplimiento por parte de sus ejecutores

Particularmente los residuos sólidos urbanos en Cuba están legislados por las NC 133,134 y 135 del 2002, normas estas que rigen el trabajo de la higiene comunal.

Sistema de planeación: Una vez organizado el trabajo, el siguiente paso es caracterizar y analizar la situación en que se encuentra el municipio en relación a la gestión integral de los RSU, para hacer una prospectiva de los requerimientos en este sector:

- Determinar la generación y composición de los RSU
- Revisión de cada uno de los elementos que componen el sistema de gestión de RSU.
- Predicción de los requerimientos del sistema futuro.
- Otras informaciones básicas relacionadas con la gestión de los RSU.

Actores: Aunque la responsabilidad de la gestión de los RSU es de Servicios Comunales, hay otros actores involucrados:

- Los responsables políticos (Gobierno)
- Municipio y sus diferentes zonas comunales.
- Sector privado (recolección)
- Sector educativo
- Y la comunidad.

Se debe analizar la función y alcance de cada uno de estos actores con el objetivo de lograr una sostenibilidad ambiental.

Aplicación de la Metodología en la zona de Comunales # 1 en Santa Clara

Generación: Para reducir la generación de residuos sólidos es necesario tomar las medidas necesarias que ayuden a disminuir su generación, por lo que se requiere de un trabajo de concientización de la población y los directivos de las industrias ubicadas en el territorio.

Recolección, Manipulación y separación de los RSU en el origen Barrido de calles y espacios públicos

El barrido de las calles es un subsistema del sistema de la recolección en el municipio, depende de las del barrido, su frecuencia, el tipo de pavimentación y Topografía, extensión de las vías, circulación de peatones, localización de los contenedores de basura, equipo y personal necesario para el servicio y puede efectuarse de forma manual y mecánica.

Recolección mixta: La recolección de residuos sólidos se realizará en viviendas, establecimientos de producción, servicios, escuelas, oficinas, centros de recreación, unidades de salud pública y demás instalaciones situadas en los asentamientos urbanos con una población superior a los 500 habitantes y cuando esta población sea menor la distancia no podrá exceder los 5 km. La recogida será diariamente o en días alternos, preferiblemente en horario nocturno (NC 133/2002).

Agencias de recolección: La recolección de residuos sólidos será efectuada por empresas privadas o estatales contratadas por la Dirección Municipal de Servicios Comunes, donde el pago del servicio será por toneladas recolectadas.

Punto de recolección: La sostenibilidad depende de la distribución eficaz de los puntos de recolección estos deben quedar de la siguiente manera:

Método de Esquina o de Parada Fija: Se utilizará en lugares donde el carro no puede entrar por las dimensiones del mismo o por obstrucción de la calle.

Método de Acera: Es el personal del servicio de aseo el que retira los receptáculos de las viviendas y los devuelve después descargados.

Método de Estaciones de transferencia: Es recomendable instalar una planta de transferencia para segregar los residuos y distribuirlos en las plantas de tratamiento o en las entidades comercializadoras del material reciclable.

Como estudios preliminares es recomendable para la ciudad de Santa Clara la ubicación de tres Estaciones de transferencias, que estarían ubicadas en las periferias de la ciudad.

Frecuencia de la recolección: La frecuencia en la recolección debe ser diaria o en días alternos, preferiblemente en horario nocturno. ⁽¹⁰⁾

Los factores que inciden en la prioridad de la recolección son la composición de los residuos, las condiciones climáticas de la ciudad y muy especialmente, la cantidad de basura por metro cuadrado.

La recogida de las entidades de salud tiene prioridad 1, su recogida se debe ser en horas de la madrugada y en carros especializados.

Horario de Recolección: Una de las decisiones previas que deben tomarse es establecer el horario de recolección.

Horario Nocturno. Es necesario en los sectores con tránsito muy intenso durante el día o mucho flujo de personas, en lugares turísticos y en calles de importancia paisajista.

Horario a primeras horas de la mañana: Tiene casi todas las ventajas y corrige muchos de los inconvenientes de la recolección nocturna. Puede ocurrir que antes de comenzar el flujo de tránsito.

Recolección diurna: Es la más económica y más fácil de controlar, pero siempre que no interfiera con el tránsito de vehículos. Recomendable en zonas y barrios periféricos de la ciudad.

Uso de turnos: Cuando se quiere mejorar un servicio, aumentando el nivel de cobertura, y no se cuenta con suficiente equipo, la solución puede ser establecer dos turnos diarios. Básicamente hay dos formas de trabajar en la recolección de basura:

Por Jornadas: Se diseñan las rutas y se continúa recogiendo todo el residual hasta que se cumpla la jornada de trabajo.

Por tarea: Se estudian las rutas de modo que puedan atenderse en condiciones normales, dentro de la jornada de trabajo.

Tipo, tamaño y material de los contenedores: Los mejores contenedores son las bolsas de plástico (generalmente polietileno de baja densidad), que se fabrican con capacidades de 3 a 100 litros, y los plásticos de 0,36 m³. Las condiciones sanitarias son óptimas e igualmente la facilidad de carga excelente.

Almacenamiento y transporte: Los residuos sólidos urbanos pueden ser transportados mecánicamente. Las normas técnicas para la transportación de los residuos existen y están vigentes en Cuba, se define de la siguiente forma:

1. Serán cerrados y solo se destinarán a este fin.
2. La utilización de vehículos abiertos en la recolección de residuos sólidos en las zonas urbanas, se permitirá excepcionalmente, previa autorización, cuando se trate de podas, escombros y desechos voluminosos no putrescibles.
3. La recolección de residuos sólidos en camiones abiertos, carros de tracción animal o remolques movidos por tractor, solo se permitirá en las zonas rurales, donde no sea factible la utilización de vehículos especializados. En estos casos, los residuos

sólidos serán cubiertos por una lona, para evitar su derrame durante el traslado al sitio de disposición final.

Tipos de equipos: Para la transportación de la recogida de Residuos Sólidos urbano en la Ciudad de Santa Clara se propone la utilización de:

Carros colectores compactadores de carga trasera. Cantidad necesaria 10, con capacidad de 60 m³ de RSU esponjado o suelto, lo que es igual a 16 m³ compactado.

Con esta propuesta se recoge el 100% del residual que generan las zonas comunales y se recoge diferenciadamente los residuales hospitalarios.

Características:

Lugar de carga:Trasera: Es la más recomendable, permite recoger simultáneamente ambos lados de la calle.

Forma de cargar Receptáculos:Individuales de carga manual permitiendo que trabajen dos o tres hombres simultáneamente.

Método del vaciado: Por volteo de la caja: Es peligroso porque por el desplazamiento del centro de gravedad del carro el mismo podría volcarse, sobre todo si el terreno donde se va a realizar la disposición de los residuales esta suelto o desnivelado.

Por placa eyectora: es un poco más caro que el anterior carro, pero la seguridad que proporciona lo recomienda.

Tamaño del equipos: Depende de en primer lugar del ancho de las calles, radios de giro en las curvas e intensidad del tránsito, Volumen de residual a recoger.

Es recomendable tratar de emplear uno solo por facilidades de intercambiar equipos de una ruta a otra y de mantenimiento mecánico.

Tamaño de la brigada:El tamaño de la cuadrilla puede variar de una a seis personas, incluido el chofer.

Carros abiertos: Cantidad 2 es destinado para la recogida de la miscelánea (poda, saneamiento), no apto higiénicamente para la recogida de RSU.

Resultados

Diseño de rutas: Existen dos formas para el diseño de rutas para la recogida de basura; manual y computarizado. Según Sakurai Kunitoshi (1980) para el diseño de las rutas de recolección son necesarias las 5 etapas:

- a. Diagramación
- b. Verificación de rutas

- c. Implementación
- d. Evaluación de las rutas implantadas

Para ello se siguieron las reglas básicas de (SEDESOL, 1997).

1. Las rutas fueron planeadas y diseñadas para comenzar y terminar cerca de calles arteriales, teniendo en cuenta las barreras topográficas y físicas.
2. Los recorridos no fueron fragmentados, fueron considerados tramos continuos dentro del área de la ciudad.
3. La ruta comenzó cerca del parqueo del carro colector y terminó cerca del lugar de disposición de residuos sólidos.
4. Se consideraron los desniveles del terreno.
5. Se previó recogida simultánea ambos costados de la calle
6. Fue respetado el sentido de circulación y la prohibición de ciertos virajes.
7. Las calles más transitadas se recorrieron en las horas de menor flujo de vehículos y personas
8. Las calles con estacionamiento de vehículos la recolección fue efectuada en los momentos en que la vía estaba más despejada.
9. En calles cortas o sin salida el personal llevo a cabo la recolección de los receptáculos, con lo que se economizo tiempo.
10. En los recorridos largos se usó el trazo "Peine" (recolección de ambos lados de las vías).
11. Se tuvo en cuenta las características propias de la ciudad para que las rutas de los camiones recolectores.

El trabajo fue dirigido para mejorar la logística de recolección de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Santa Clara, se precisaron datos de interés para la Dirección Comunes, la distancia al vertedero y los kilómetros recorridos en la recogida.

Después de efectuar la zonificación, se realizó el diseño de la ruta (figura 1) a la zona comunal # 1 en Santa Clara, donde fue utilizado el algoritmo del problema del Agente Viajero, empleando el método de contenedores y el algoritmo del problema del Cartero Chino, para la recolección fue utilizado en el método de recolección por acera y se obtuvo una ruta óptima con la menor distancia a recorrer por el vehículo recolector, empleando el Módulo Network Modeling del Software WinQSB, específicamente el Algoritmo del Agente Viajero (traveling salesman problem).

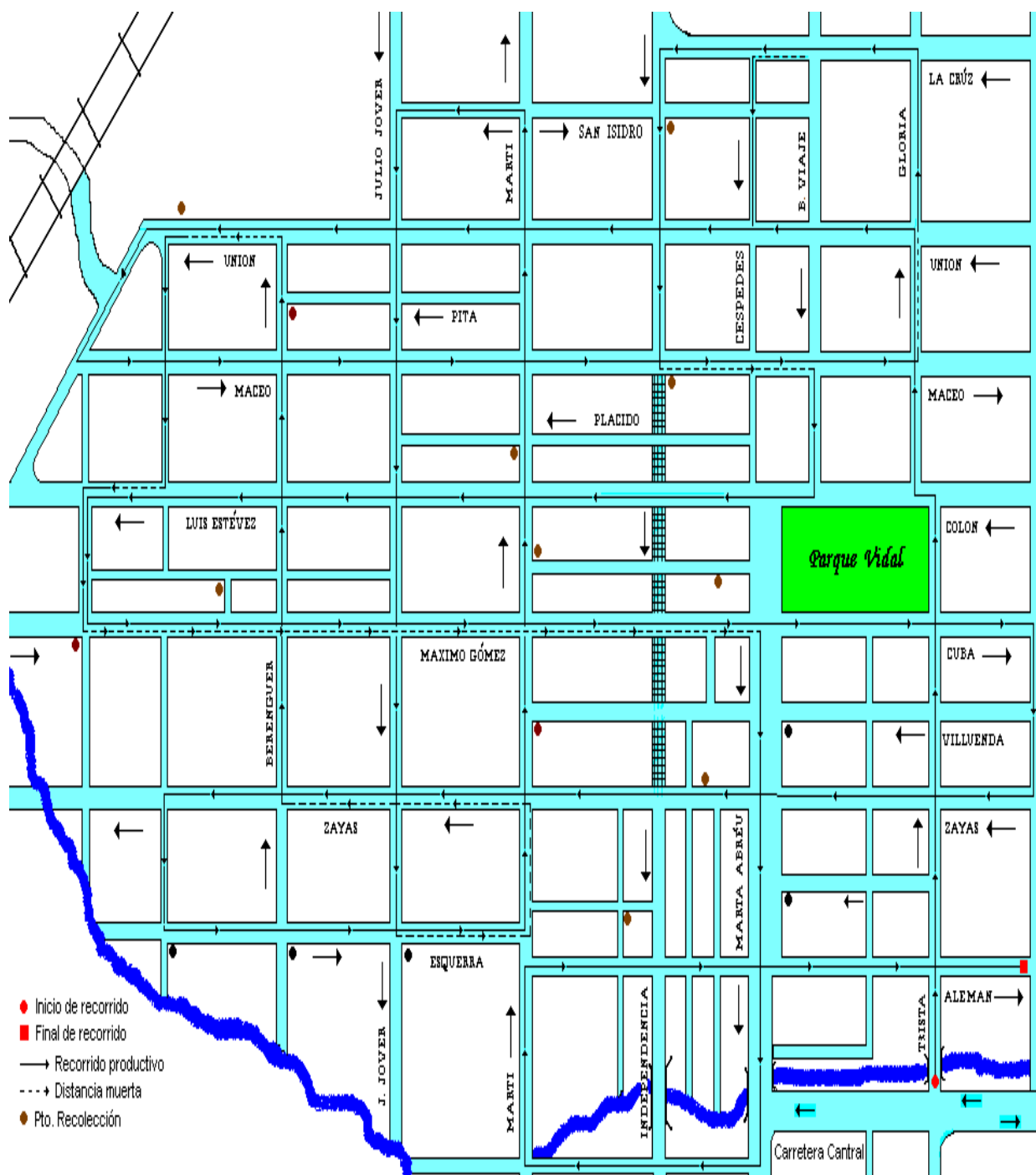


Fig. 3- Diseño de la ruta a la zona larga de la zona comunal # 1 en Santa Clara.

Fuente. Software WinQSB.

Con la nueva ruta se logró reducir la distancia a recorrer y el consumo de combustible, minimizando con ello la contaminación al medio producida por la combustión del diésel.

Conclusiones

El diagnóstico al sistema actual de manejo de Residuos Sólidos Urbanos en Santa Clara no responde a las necesidades ambientales, sanitarias y legales de la población al que se le debe prestar el servicio, las principales deficiencias detectadas están en la no segregación en el origen, mala manipulación y recolección, ineficiente tratamiento en el vertedero municipal y falta de educación en general.

La aplicación de la guía propuesta al caso de Santa Clara permitió validar la misma, al evaluar los aspectos fundamentales del sistema de gestión de los RSU en Santa Clara así como proponer medidas inmediatas, fundamentalmente en:

- a. Las rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos en la ciudad Santa Clara.
- b. Cantidad y tipo de equipamiento para el transporte de los residuos sólidos.
- c. Condiciones mínimas de trabajo y operación para la disposición final en el vertedero, según las circunstancias actuales.

Agradecimientos

Al programa de cooperación Institucional entre universidades flamencas de Bélgica (VLIR) y la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. SGRSU (Sistema de Gestión Residuos Sólidos Urbanos).

Referencias Bibliográficas

1. RODRÍGUEZ, CONTRERAS J.C. *Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos Domiciliarios en Colombia Mitos y Realidades*. Tesis inéditas Universidad Militar Nueva Gerona. Bogotá 2015. pp. 3
2. BENTON- J. y SHORT, *Cities and Nature, University of Oxon*. Estados Unidos: Routledge. 2013, pp.379. [Consultado 22 febrero 2018].
Disponible en: <http://book.google.com.cu>
3. BRITO, H. Investigador *Diseño De Un Sistema De Gestión Integral Para El Manejo De Residuos Sólidos En El Mercado La Merced. Escuela Politécnica el Chimborazo*. European Scientific Journal, April 2016, **12**(11). ISSN 1857-7881.

4. DOMÍNGUEZ NÚÑEZ J. A. *Estrategia Ambiental para el Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en Villa Clara 2007 – 2010*. Tesis de Maestría inédita Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Villa Clara.
5. ONU-HABITAT (Organización de las Naciones Unidas, ONU-Habitat. —*Solid Waste Management in the World's Cities. Water and Sanitation in the World's Cities*, Londres y Washington: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos. 2010. [Consultado enero 2018]. Disponible en: https://thecitywasteproject.files.wordpress.com/2013/03/solid_waste_management_in_the_worlds-cities.pdf.
6. ONU-HABITAT (Organización de las Naciones Unidas, ONU-Habitat. —*Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe, Rumbo a una nueva transición Urbana, Rio de Janeiro: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos*. 2012. [Consultado febrero 2018].
Disponible en: https://globalmethane.org/documents/evenst_land_120910_3.pdf.
7. ZHU, D. ASNANI, P. *Improving Municipal Solid Waste Management in India, A Source Book for Policy Makers and Practitioners*. Washington D.C: World Bank. 2008. pp. 9. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data has been applied for. ISBN: 978-0-8213-7361-3.
8. ADAMIDES. E, PANAGIOTIS. M. A Multi- Methodological Approach to the Development of a Regional Solid Waste Management System en *Journal of the Operational Research Society*, 2009, **60**(6). pp. 758-770. Online ISSN: 1476-9360.
9. NC 133: 2002. *Residuos Sólidos Urbanos – Almacenamiento, Recolección y Transportación – Requisitos Higiénicos Sanitarios y Ambientales. Primera Edición. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana.* <http://biblioteca.idict.villaclara.cu/biblioteca/compendiosinformativos/cesam2006/Cuba-leyes/articulo23>
10. NC 134: 2002. *Residuos sólidos urbanos. Tratamiento-Requisitos higiénico-sanitario y ambientales. Primera Edición. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana.* Disponible en: <http://biblioteca.idict.villaclara.cu/biblioteca/compendiosinformativos/cesam2006/Cuba-leyes/articulo24>

11. NC: 135. 2002. *Residuos sólidos urbanos, disposición final. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales.* Disponible en: <http://biblioteca.idict.villaclara.cu/biblioteca/compendiosinformativos/cesam2006/Cuba-leyes/articulo25>.
12. SERVICIOS COMUNALES. *Informe Estadístico*. MEP 2017.
Disponible en: www.soyvillaclara.gob.cu/es/servicios-comunales.
13. GARCÍA, Z. “*La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU): reflexiones para su estudio*”. 2016. II Jornada de desarrollo local Regional Reflexiones y diálogos para la acción. Primer encuentro de escuela de gobierno. Universidad Nacional Villa María.
Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos/planificación/planificación.shtml>
14. SERVICIOS COMUNALES. *Informe de Rendición. Diciembre 2016*.
Disponible en: Dirección de Servicios Comunales de Villa Clara.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.