

**DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE ALMACENAMIENTO
RECOLECCION Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN EL
SISTEMA DE ASEO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHINU - CORDOBA**

MAURICIO FIGUEROA BUSTOS

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
Noviembre de 2008**

**DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE ALMACENAMIENTO
RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL
SISTEMA DE ASEO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHINÚ - CÓRDOBA**

MAURICIO RAFAEL FIGUEROA BUSTOS

**Trabajo de grado Modalidad Monografía para optar por el título de Ingeniero
Civil**

**DIRECTOR
DALMIRO PACHECO RUÍZ
INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

Noviembre de 2008

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I	8
1. CONCEPTOS LEYES Y DECRETOS DE LA LEGISLACION COLOMBIANA DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN.....	8
1.1 Leyes y Decretos vigentes sobre el tema	8
1.2 Conceptos y definiciones (RAS 2000, Titulo F)	10
1.3 Generalidades de los sistemas de recolección.....	16
2. PROBLEMÁTICA ACTUAL	19
2.1 Generación	19
2.2 Composición.....	21
2.3 Almacenamiento	21
2.4 Recolección y transporte de residuos sólidos urbanos.....	23
3. ESTUDIOS DE GENERACIÓN, COMPOSICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	24
3.1 Generación de residuos sólidos.	26
3.2 Composición de los residuos sólidos.....	28
3.3 Clasificación de los residuos sólidos	29
4. ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	30
4.1 Tipos de almacenamiento.....	33
4.1.1 Almacenamiento domiciliario	33
4.1.2 Almacenamiento no domiciliario	34

4.2 Tipos y usos de recipientes	34
4.2.1 Características de los recipientes	34
4.2.2 Ubicación de los recipientes	41
4.2.3 Escogencia del recipiente adecuado	42
5. SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS..	44
5.1 Método de parada fija	46
5.2 Método de acera.....	47
5.3 Método de contenedores	47
6. DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	
.....	47
6.1 Reglas básicas para el diseño de rutas	48
6.2 Diseño de macro rutas.....	49
6.3 Generalidades del diseño de micro rutas	59
CAPITULO II	69
BIBLIOGRAFÍA	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Asignación del nivel de complejidad.....	18
Tabla 2: Producción mensual de residuos por tipo de usuarios.....	22
Tabla 3: Producción total de residuos sólidos generados en el municipio.....	22
Tabla 4: Tipo de caracterización física, química y biológica de los residuos sólidos.....	31
Tabla 5: Características de los recipientes utilizados para el almacenamiento.....	35
Tabla 6: Factores de frecuencia de recolección.....	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Micro rutas de recolección en Chinú para el día Lunes.....	76
Anexo 2: Micro rutas de recolección en Chinú para el día Miércoles.....	77
Anexo 3: Micro rutas de recolección en Chinú para el día Viernes.....	78

INTRODUCCIÓN

Gracias a los avances en las ciencias y la tecnología se ha hecho posible la fabricación de más y mejores productos de beneficio para la humanidad, ocasionando que los índices de consumo se eleven a niveles insospechados, creando mayor estabilidad económica y mejor calidad de vida para las diferentes poblaciones. Sin embargo, conforme al desarrollo de los bienes de consumo también ha crecido de manera acelerada la cantidad de desechos, lo cual se ha convertido en un enorme problema para las distintas poblaciones. Dicha situación se ha venido tratando con la implementación de servicios de recolección de desechos ofrecidos por las administraciones municipales, pero en muchos lugares tal servicio no se presta de la manera más eficiente, oportuna y continua, por lo tanto existe la enorme necesidad de idear y poner en ejecución métodos y procedimientos que permitan que la recolección de residuos sólidos domésticos se brinde con las mejores características.

El municipio de Chinú – Córdoba no es ajeno a la situación descrita y aunque posee un sistema de recolección de residuos sólidos, este no se proporciona de la mejor manera dado a que las estrategias aplicadas fueron ideadas a partir de la experiencia de las personas encargadas de la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y debido a que su criterio no es el más adecuado, las rutas empleadas para la recolección tienden a no ser factibles tanto desde el punto de vista económico como práctico, lo que ha contribuido a la generación de problemas de orden social y económico, los cuales son los indicadores de la ineficiencia de este servicio.

El presente trabajo pretende mostrar soluciones viables para la optimización de esta actividad, de la misma forma busca concientizar a la comunidad sobre la importancia de su participación en este proceso, minimizando gastos y posibles

riesgos a su salud. En el primer capítulo se darán a conocer los reglamentos que la legislación colombiana ha establecido para el ejercicio de esta actividad, en el siguiente se mostrará la problemática que presenta el municipio en la actualidad, los capítulos tercero, cuarto y quinto se centrarán en el estudio de la composición, clasificación, almacenamiento y métodos de recolección de residuos sólidos urbanos. En el capítulo sexto se determina el diseño de las rutas de recolección de residuos en el municipio y por último se consolida las conclusiones, posibles soluciones y las recomendaciones para mejorar las etapas del sistema de aseo urbano de Chinú.

1 CONCEPTOS LEYES Y DECRETOS DE LA LEGISLACION COLOMBIANA DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN

1.1 Leyes y Decretos vigentes sobre el tema.

El marco jurídico para la regulación de los sistemas de aseo urbanos se puede presentar con la jerarquización que existe en nuestro país, comenzando con las normas constitucionales, las leyes y los reglamentos permitiendo el manejo de una normatividad nacional, regional o local.

A continuación se señalan los soportes constitucionales, legales y reglamentarios que dan lugar a la posibilidad de utilizar las guías como instrumentos de una relativa autogestión y autorregulación, dado que, como ya se expresó, deben gestionarse y obtenerse previamente los permisos de tipo regional.

NORMAS CONSTITUCIONALES.

A continuación se citan los artículos constitucionales que son parte fundamental del marco jurídico concerniente a este proyecto:

Artículo 8°. Constitución Política de Colombia: señala la corresponsabilidad entre el Estado y las personas para proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

Artículos 79. Constitución Política de Colombia señala el Derecho Colectivo a un ambiente sano.

El artículo 95. Numeral 8. Constitución Política de Colombia: establece como deberes de la persona y del ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

NORMAS LEGALES.

- Ley 99 de 1993.
- Ley 142 de 1994 por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios Modificada y Derogada parcialmente por Decreto 1165 de 1999.
- Ley 508 de 1999.
- Ley 9 de 1979 por el cual se dictan medidas sanitarias.

NORMAS REGLAMENTARIAS.

- Resolución 1096 del 2000 Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Decreto 1594 de 1984 por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Decreto 2104 de 1983 del Ministerio de Salud por el cual se reglamentan el título III de la parte IV del Libro I del Decreto 2811 de 1974 y los títulos I y XI de la Ley 09 de 1979 en cuanto a Residuos Sólidos.
- Decreto 605 de 1996 del Ministerio de Desarrollo Económico por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo.
- Resolución 2309 de 1986 del Ministerio de Salud por la cual se dictan normas para el cumplimiento del Título III de la Parte 4 del Libro 1 del Decreto - Ley número 2811 de 1974 y de los títulos i, iii, XI de la ley 9 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.

- Resolución 541 de 1994 del Ministerio del Medio Ambiente por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y carga orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
- Decreto 2474 de 1999 y 955 del 2000 por medio del cual se deroga parcialmente la ley 142 de 1994.
- Decretos que reglamentan la ley 142 de 1994 (Decretos 2785, 1641 de 1994, por el Decreto 1429 de 1995, por el Decreto 1538 de 1996, por el Decreto 1404 de 1996, los Decretos 565, 605 de 1996, por el Decreto 3087 de 1997, por el Decreto 1489 de 1998, por el Decreto 2668 de 1999, por el Decreto 1987 de 2000, por el Decreto 556 de 2000, por el Decreto 421 de 2000, por el Decreto 302 de 2000, por los Decretos 847, 302 de 2001, por el Decreto 398 de 2002, por el Decreto 1713 de 2002, por el Decreto 3428 de 2003, por el Decreto 3243 de 2004 y por el Decreto 3860 de 2005).

1.2 Conceptos y definiciones (RAS 2000, Título F literal F.1.2)

Almacenamiento: Acumulación o depósito temporal, en recipientes o lugares, de la basura y residuos sólidos de un generador o una comunidad, para su posterior recolección, aprovechamiento, transformación, comercialización o disposición final.

Almacenamiento domiciliario: Acción del generador de depositar temporalmente los residuos retenidos en los condominios, edificios multifamiliares, viviendas, etc.

Almacenamiento no domiciliario: Acción del generador de depositar temporalmente los residuos retenidos en centros comerciales, edificios públicos, edificios privados, bancos, instituciones de interés social, centros de recreación, etc.

Aprovechamiento: Proceso mediante el cual , a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo

económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales o económicos.

Basura: Todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o recirculación a través de un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, no se reincorporan al ciclo económico y productivo, requieren de tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.

Botadero: Sitio de acumulación de residuos sólidos que no cumple con las disposiciones vigentes o crea riesgos para la salud y seguridad humana o para el ambiente en general.

Caja o unidad de almacenamiento: Recipiente metálico o de cualquier otro material apropiado, para uso comunal o destinado al servicio de grandes productores, que se ubica en los sitios requeridos para el depósito temporal de residuos sólidos.

Caneca doméstica: Recipiente retornable después de la recolección, de propiedad del usuario. Donde éste almacena temporalmente la basura doméstica.

Canecas públicas: Recipientes para el almacenamiento temporal de los residuos que se generan en la vía pública, áreas de recreo, paseos, parques y plazas.

Caracterización de los residuos: Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de un residuo sólido, identificando contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica.

Centros de gran generación: Lugares en los cuales se genera diariamente una gran cantidad de residuos sólidos, que por sus características, deben almacenarse en forma segura, higiénica y sanitaria.

Compactación: Proceso de por unidad normalmente utilizado para incrementar el peso específico (densidad en unidades métricas) de materiales residuales para que puedan ser almacenados y transportados más eficazmente.

Cultura de la no basura: Es el conjunto de costumbres y valores de una comunidad que tienden a la reducción de las cantidades de residuos generados por cada uno de sus habitantes y por la comunidad en general, así como al aprovechamiento de los residuos potencialmente reutilizables.

Densidad: Masa o cantidad de materia de los residuos, contenida en una unidad de volumen, en condiciones específicas.

Desecho: Término general para residuos sólidos excluyendo residuos de comida y cenizas sacados de viviendas, establecimientos comerciales e instituciones.

Desperdicio: Residuo sólido o semisólido de origen animal o vegetal, sujeto a putrefacción, proveniente de la manipulación, preparación y consumo de alimentos para uso animal y humano.

Disposición final de residuos: Proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en forma definitiva, en forma definitiva, efectuado por las personas prestadoras de servicios, disponiéndolos en lugares especialmente diseñados para recibirlos y eliminarlos, obviando su contaminación y favoreciendo la transformación biológica de los materiales fermentables, de modo que no representen daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Entidad prestadora del servicio público domiciliario de aseo: Persona natural o jurídica, pública, privada o mixta, encargada de todas, una o varias actividades de la prestación del servicio público domiciliario de aseo

Estaciones de transferencia: Son las instalaciones dedicadas al traslado de residuos sólidos de un vehículo recolector a otro con mayor capacidad de carga, que los transporta hasta su disposición final.

Generador: Personas naturales o jurídicas, habitantes permanentes u ocasionales, nacionales o extranjeros que perteneciendo a los sectores residencial

o no residencial y siendo usuario o no del servicio público domiciliario de aseo, generan o producen basuras o residuos sólidos, como consecuencia de actividades domiciliarias, comerciales, industriales, institucionales, de servicios y en instituciones de salud, a nivel urbano y rural, dentro del territorio nacional.

Generador de residuos sólidos hospitalarios: Instituciones públicas, privadas o mixtas, hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios clínicos y patológicos humanos o animales, centros médicos, odontológicos o veterinarios, centros de experimentación e investigación en el área de la salud humana, animal y otras instancias similares.

Grandes generadores: Usuarios no residenciales que generan y presentan para la recolección residuos que de volumen superan a un metro cúbico.

Macro ruta: División geográfica de la zona para la distribución de los recursos y equipos de recolección.

Micro ruta: Descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio de recolección o del barrido manual o mecánico.

Monitoreo: Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones continuas en un sitio y periodo determinados, con el objeto de identificar los impactos y riesgos potenciales hacia el ambiente y la salud pública o para evaluar la efectividad de un sistema de control.

Permeabilidad: Propiedad que tiene los cuerpos de permitir el paso de un fluido a través de él.

Producción per cápita: Cantidad de residuos generada por una población, expresada en términos de kg/hab-día o unidades equivalentes.

Receptor: Persona natural o jurídica que recibe un residuo.

Reciclaje: Procesos mediante los cuales se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelven a los materiales sus potencialidades de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos.

El reciclaje consta de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

Recolección: Acción y efecto de retirar y recoger las basuras y residuos sólidos de uno o varios generadores, efectuada por su generador o por la entidad prestadora del servicio público.

Recolección en acera: Es la que se efectúa cuando los residuos sólidos son presentados por los usuarios para su recolección en el andén ubicado frente a su predio o domicilio.

Recolección en esquinas: Sistema de recolección en el que los residuos de un sector son colocados en una zona (esquina) próxima a la vivienda.

Recolección en unidades de almacenamiento: Es la que se efectúa cuando los residuos sólidos generados por los usuarios se presentan para su recolección en cajas de almacenamiento.

Reducción en el origen: Forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de residuos, así como el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales, por esta razón se encuentra en primer lugar en la jerarquía de una gestión integrada de residuos sólidos

Residuo sólido: Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico. Se dividen en aprovechables y no aprovechables.

Residuos peligrosos: Aquellos que por sus características infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, radiactivas, volátiles, corrosivas, reactivas o tóxicas pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Residuo sólido comercial: Residuo generado en establecimientos comerciales y mercantiles tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado.

Residuo sólido domiciliario: Residuo que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

Residuo sólido especial: Aquellos por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, no pueden ser manejados, tratados o dispuestos normalmente, a juicio de la entidad prestadora del servicio de aseo.

Residuo sólido industrial: Residuo generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.

Residuo sólido institucional: Residuo generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos y edificaciones destinadas a oficinas, entre otros.

Residuos sólidos urbanos: Residuos generados en viviendas, parques, jardines, vía pública, oficinas, mercados, comercios, demoliciones, construcciones, instalaciones, establecimientos de servicios y, en general, todos aquellos generados en actividades urbanas que no requieran técnicas especiales para su control.

Reutilización: Prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante tratamientos mínimos devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original en alguna relacionada, sin que para ello requieran de adicionales procesos de transformación.

Separación en la fuente: Clasificación de las basuras y residuos sólidos en el sitio donde se generan. Su objetivo es separar los residuos que tienen un valor de uso indirecto, por su potencial de rehuso, de aquellos que no lo tienen, mejorando así sus posibilidades de recuperación.

Servicio especial de aseo: Servicio relacionado con la recolección, transporte y tratamiento de residuos sólidos que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, no pueden ser manejados, tratados o dispuestos normalmente, a juicio de la entidad prestadora del servicio de aseo.

Servicio público domiciliario de aseo: Es el servicio de recolección de residuos, principalmente sólidos, el barrido y limpieza de vías y áreas públicas, transporte y disposición final sanitaria, incluyendo las actividades complementarias de transferencia, tratamiento y aprovechamiento.

Usuario: Persona natural o jurídica beneficiada de la prestación del servicio público de aseo, en calidad de propietario y/o receptor del servicio.

Vectores: Organismos, generalmente insectos o roedores que transmiten enfermedades. Medio de transmisión de un patógeno de un organismo a otro.

1.3 Generalidades de los sistemas de recolección.

La prestación del servicio de aseo, de acuerdo a la Ley 142 de 1994, debe hacerla una Empresa de Servicio Público (E.S.P.). Esta prestación debe seguir los principios básicos mencionados a continuación y los demás que señalen las leyes o decretos vigentes.

1. Garantizar la calidad del servicio a toda la población.
2. Prestar eficientemente el servicio de forma continua e ininterrumpida.
3. Obtener economías de escala comprobables y establecer mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso al servicio y su participación en la gestión y fiscalización de la gestión.
4. Desarrollar una cultura de la no basura.
5. Minimizar el impacto ambiental de la producción de residuos sólidos en todos y cada uno de las componentes del servicio de aseo.

6. Por otra parte, la entidad prestadora del servicio domiciliario de aseo será responsable de los efectos ambientales y a la salud pública generados por la recolección, el transporte y la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios.
7. Garantizar la cobertura y la ampliación permanente a todos los usuarios de la zona bajo su responsabilidad.

Además toda acción relacionada con los sistemas de aseo urbano, incluyendo el mejoramiento debe cumplir con el siguiente procedimiento:

- Definición del nivel de complejidad del sistema, según se establece en el RAS-2000 Título A literal A.3, la clasificación del proyecto en uno de estos niveles depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto, de acuerdo con lo establecido en la tabla 1¹.

TABLA 1
Asignación del nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana ⁽¹⁾ (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios⁽²⁾
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Notas: (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.
(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

- Justificación del proyecto y definición del alcance. Todo componente de un sistema de aseo urbano debe justificarse con la identificación de un problema de salud pública, del medio ambiente o de bienestar social, el cual tiene solución con la ejecución del sistema propuesto.

¹ Ministerio de desarrollo económico. RAS 2000. Capítulo A, Uso de residuos sólidos aprovechables; 2000. p. A.9

• Conocimiento del marco institucional. El diseñador del sistema debe conocer las diferentes entidades relacionadas con la prestación del servicio público domiciliario de aseo urbano, estableciendo responsabilidades y las funciones de cada una. Las entidades y aspectos que deben identificarse son:

1. Entidad responsable del proyecto.
2. Diseñador
3. Rol del municipio, ya sea como prestador del servicio o como administrador del sistema.
4. Empresa de Servicios Públicos y su carácter (Oficial, mixto o privado)
5. Entidades territoriales competentes
6. Entidad reguladora (CRA, DSPD u otra)
7. Entidad de vigilancia y control (SSP, DASP u otra)
8. Operador
9. Interventor
10. Acciones proyectadas de la comunidad en el sistema
11. Autoridad ambiental competente. (Ministerio del Medio Ambiente, corporaciones autónomas regionales u otras)
12. Fuentes de financiación

• Acciones legales. El diseñador debe conocer todas las leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas relacionadas con la conceptualización, diseño, operación, construcción, mantenimiento, supervisión técnica y operación de un sistema de aseo urbano o cada uno de sus componentes en particular.

Además, deben tomarse las medidas legales necesarias para garantizar el adecuado desarrollo del sistema de aseo urbano.

- Aspectos ambientales. Debe presentarse un estudio sobre el impacto ambiental generado por el proyecto, negativo y/o positivo en el cual se incluyan una descripción de las obras y acciones de mitigación de los efectos en el medio ambiente propios del proyecto.
- Estudios de factibilidad y estudios previos. Todo proyecto de aseo urbano debe llevar a cabo los estudios factibilidad y los estudios previos mencionados en el capítulo A.6.
- Diseño y requerimientos técnicos. El diseño de cualquier componente de un sistema de aseo urbano debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos en el presente Título, según los literales F.1 a F.7.

2 PROBLEMÁTICA Y SITUACIÓN ACTUAL

Los residuos sólidos municipales significan, quizá el eslabón más sensible que vinculan a la población con las autoridades municipales. La menor falla en el servicio público de aseo ocasiona severas críticas hacia estas últimas. En términos generales la estrategia a seguir para alcanzar un manejo adecuado de los residuos sólidos implica la participación tanto del gobierno, el comercio, como de la sociedad en general, los cuales además deben contar con información confiable y actualizada que les permita conocer las alternativas y opciones disponibles para reducir el impacto de la basura sobre el medio ambiente.

2.1 Generación.

La generación per cápita de residuos sólidos de origen doméstico varía de acuerdo a la modificación de los patrones de consumo de la población y al aumento en la comercialización de productos industrializados y de lujo. Por tanto, se hace necesario cuantificar la generación per cápita de basura en relación al número de habitantes, con el fin de poder proyectar la estimación de basura a lo largo de varios años y con esto definir las acciones que permitan atenuar el problema.

Con respecto a las fuentes generadoras es poca la información que se tiene sobre la cantidad de toneladas generadas por día tanto de residuos domésticos como no domésticos. Los residuos provenientes de las casas habitación se generan en mayor proporción; y los talleres artesanales, comercios, y vías públicas (dentro de las fuentes no domésticas) son las que más generan basura.

Producción mensual de residuos sólidos en el municipio²

Tabla 2 . Producción mensual de residuos por tipo de usuario

Tipo de edificación	Producción unitaria (kg/usuario-mes)
Domiciliares	90
Comerciales	59
Industriales	0
Institucional	48
Especiales	97

Tabla 3 . Producción total de residuos sólidos generados en el municipio

Tipo de edificación	No. de edificaciones	Producción/usuario- mes	Residuos sólidos producidos
Domiciliares	3645	90	328050
Comerciales	362	59	21358
Industriales	0	0	0
Oficiales	8	48	384
Especiales	1	97	97
TOTAL	4016		350 ton/mes

La producción per cápita estimada (según PGIRS Chinú) está estimada es de 0.594 kg/hab/día, este es un valor estimado con la producción mensual y la población urbana del municipio, no con métodos de muestreo.

2.2 Composición.

No solamente es necesario conocer la cantidad de basura generada, sino que también el análisis de la composición de los residuos sólidos es importante para poder hacer un manejo adecuado de ésta.

² Corporación autónoma regional de los valles de los ríos Sinu y San Jorge. Plan de gestión integral de residuos sólidos de Chinú; 2005. p. 64.

Al igual que sucede con la cantidad de basura, a medida que se han desarrollado procesos industriales, la composición de ésta ha variado pasando de ser densa y casi completamente orgánica a ser voluminosa, parcialmente no biodegradable y con porcentajes crecientes de materiales tóxicos, lo que dificulta su manejo.

Los porcentajes más altos de residuos los representan los alimentos y desechos de podas con un 48%; papel, cartón y plásticos y otros materiales inorgánicos aprovechables el 51% (dentro de estas el 11% del total lo ocupan el caucho y los textiles, debido a la constante actividad manufacturera de gran parte de la población) estas cantidades dejan ver en claro que las posibilidades del reciclaje pueden ser amplias, sin embargo no existe una selección y clasificación de subproductos controlada, por lo que la alternativa de la comercialización organizada de estos subproductos es nula, prevaleciendo los sistemas de pepena en los sitios de disposición final, sin que la empresa de aseo obtengan un beneficio de ella.³

2.3 Almacenamiento.

Son pocos los lugares donde se tiene un almacenamiento adecuado en los domicilios, los comercios, industrias y hospitales, en este apartado se señalará. En forma general, la situación que prevalece en los diferentes tipos de almacenamiento⁴.

Almacenamiento domiciliario.

Con cerca del 93% de edificaciones este es el más común en la población; éste se efectúa en la mayoría de los casos, bajo condiciones inadecuadas; en primer lugar los recipientes varían, ya que se emplean desde las bolsas de papel, plástico,

³ Corporación autónoma regional de los valles de los ríos Sinu y San Jorge. Plan de gestión integral de residuos sólidos de Chinú; 2005. p. 66

⁴ *Ibíd.*, p. 65

cajas de cartón hasta botes de lámina, madera o plástico, los cuales en ocasiones no son lo suficientemente resistentes para contener la basura o no son los idóneos para poder ser manejados por el personal de recolección.

En cuanto a su ubicación, muchas veces no existe suficiente espacio en la vivienda y normalmente se localizan en la cocina o en el exterior lo cual puede atraer la proliferación de insectos o roedores si no disponen de una cubierta o tapa. Así mismo, al no discriminar los residuos en orgánicos e inorgánicos, hace que se dificulte el rescate posterior de material reciclable. Por lo tanto, es importante orientar a la población para que utilice recipientes adecuados, que mantengan la higiene mientras los residuos son recolectados, procurando un almacenamiento por más de un día, además se debe promover prácticas de separación y reciclaje doméstico de los desechos.

Almacenamiento comercial.

Este tipo de almacenamiento comprende el que se lleva a cabo en los mercados, tiendas de abarrotes, restaurantes y hoteles, y se da en el 7% de las edificaciones aproximadamente; es muy común efectuar un almacenamiento como el domiciliario y en pocos casos se usan botes de 50 a 200 lts adaptados para el almacenamiento.

Almacenamiento industrial.

Este tipo de almacenamiento no es responsabilidad directa del municipio sino de la empresa generadora. Sin embargo, los encargados del servicio de limpia pública deben aplicar la normatividad existente para el adecuado control de almacenamiento de este tipo de residuos, situación que se da, en muy pocos casos e inclusive ni se llega a disponer de un registro actualizado de industrias establecidas.

Almacenamiento hospitalario.

Aunque al igual que en los residuos industriales, las autoridades actúan únicamente como normativas y no tienen que involucrarse en el manejo de este tipo de basura. No obstante, dentro del reglamento de aseo debe contemplarse las disposiciones concernientes al almacenamiento hospitalario de materiales que no presenten características de peligrosidad.

2.4 Recolección y transporte de residuos sólidos urbanos.

La etapa de recolección y transporte es la parte medular de un sistema de aseo urbano y tiene como objetivo principal preservar la salud pública mediante la recolección de los desechos en los centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento o disposición final en forma eficiente y al menor costo.

Las siguientes estadísticas nos dan un panorama general de la situación actual de la recolección.

- El 93.76 % de los residuos sólidos generados proceden de fuentes domiciliarias y el restante 6.24 % de comercios entidades oficiales y otras fuentes.
- Del volumen generado, se recolecta aproximadamente el 35% de los residuos.
- No se cuenta con un diseño a través de un método técnico para llevar a cabo la recolección, por lo que las rutas no son las más eficientes.
- En cuanto al método actual de recolección empleado, es el de acera.
- El personal de recolección está compuesto por un chofer y tres recolectores.
- El vehículo recolector no tiene rutas específicas ya que recoge hasta que se llena y después sigue un nuevo recorrido partiendo del lugar en donde quedo la ultima vez, por lo que no es bien definido el horario en que el servicio se presta en una determinada zona.

- El vehículo recolector que se emplean no es propiedad de la empresa y generalmente se contrata un vehículo de terceros en cada periodo de gobierno municipal (En el 2005 el costo anual por alquiler de equipo fue de \$ 60,000,000.00 M.C.), utilizando generalmente tractores con un contenedor trasero que por ser descubierto y carente de sello hermético en el fondo, propicia el esparcido de residuos y líquidos contenidos en la misma basura, a lo largo de su recorrido dentro y fuera de sus rutas de operación, convirtiéndose en un problema desde el punto de vista ambiental y de salud pública.

Por lo anterior, se puede observar que no se disponen de un diseño de rutas y que éstas son insuficientes, lo cual refleja que el municipio aparte de no contar con los suficientes recursos económicos, tampoco disponen de una buena planeación para ampliar su cobertura adecuadamente y con menores costos, sobre todo para aquellos lugares periféricos con dificultades de acceso o en zonas de reciente creación. Esta situación trae por consecuencia que se concentran cantidades considerables de residuos en áreas como lotes baldíos y zonas periféricas.

3 ESTUDIOS DE GENERACION, COMPOSICION Y CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

Los residuos sólidos son las partes que quedan de algún producto y se conocen comúnmente como basura. Se puede considerar que los residuos sólidos son generados como resultado de las actividades que realiza la población para su subsistencia y para la obtención de insumos en los diferentes sectores productivos como son el comercio, la industria, el sector agropecuario y el de servicios. Aunado a esto, la propaganda encaminada a favorecer el consumo excesivo de productos superfluos y prescindibles aumenta el problema de la generación y acumulación de residuos sólidos, lo cual se convierte cada día en algo más difícil de resolver.

Las autoridades municipales tienen, en general, un escaso conocimiento de los residuos sólidos que genera la población, por lo que los datos que manejan en cuanto a la cantidad y composición de los mismos son sólo estimaciones que realiza el departamento de Aseo Urbano, sin basarse en estudios metodológicos. La generación per cápita de residuos sólidos se ha incrementado drásticamente en las últimas décadas, así como las características de los residuos de biodegradables a elementos de lenta y difícil degradación. La composición de los residuos depende esencialmente de los siguientes factores⁵:

- El nivel de vida de la población.
- La estación del año.
- El día de la semana.
- Las costumbres de los habitantes.
- La zona donde se habita.

⁵ SEDESOL. Manual de técnicas administrativas para el servicio de limpia municipal. D. F. México. 1999. p. 25

De acuerdo a lo anterior, el aumento en el nivel de vida de la población provoca un incremento de los residuos en relación a cajas o empaques, botes, plásticos, papeles y cartones. En cuanto a las estaciones del año es lógico pensar que en el verano se producen más residuos de frutas y verduras, mientras que en el invierno se producen quizá más botellas de licor, latas y envolturas, aunado a ello la época de las fiestas de fin de año, otro factor que contribuye a la cada vez más grande generación de residuos sólidos es la rapidez con que los productos pasan a ser inútiles, pasados de moda, inservibles u obsoletos. Esto provoca una mayor generación de residuos.

3.1 Generación de Residuos Sólidos.

Para su estudio los residuos sólidos se pueden clasificar de acuerdo a su fuente de origen en:

- Domiciliarios
- Comerciales
- De sitios públicos
- Institucionales
- Hospitalarios
- Industriales

A su vez existe otra clasificación de acuerdo al manejo que debe darse a cada uno en:

- Residuos urbanos
- Residuos especiales

Los residuos urbanos comprenden aquellos generados en viviendas, parques, jardines, vía pública, oficinas, mercados, comercios, demoliciones, construcciones, instalaciones, establecimientos de servicios y, en general, todos aquellos

generados en actividades urbanas que no requieran técnicas especiales para su control. Los residuos especiales se definieron en el literal 1.2.

El procedimiento para determinar la generación per cápita de residuos sólidos es básicamente el siguiente, este índice se obtiene con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medido en kg/hab/día o unidades similares, a partir de la información obtenida de un muestreo aleatorio en campo y en cada uno de los sectores socio-económicos de la población.

Básicamente, el procedimiento se divide en dos partes; la primera consiste en el muestreo aleatorio en campo para posteriormente realizar la evaluación de los resultados que consiste en un análisis estadístico de los datos obtenidos en el muestreo, con el fin de verificar la confiabilidad del muestreo efectuado, el trabajo de campo o muestreo consiste en la toma diaria de muestras de los residuos sólidos contenidos en los vehículos de recolección (para casos de optimización o mejoramiento de un sistema ya existente), durante un periodo de siete días⁶.

El valor obtenido de los residuos sólidos generados se divide entre el número de habitantes de los domicilios, para de este modo obtener un valor de producción per cápita de basura en kg/hab/día, correspondientes al día en que fueron generados. Con los valores diarios se obtiene el promedio de la generación de basura per cápita para cada una de los muestreados.

De acuerdo a lo anterior se obtiene una serie de "n" valores promedio de generación de basura per cápita, uno para cada usuario incluido en la premuestra. Con esta información se procede a realizar el análisis estadístico de los valores obtenidos para definir lo siguiente:

⁶ Ministerio de desarrollo económico. RAS 2000. Capítulo A, Uso de residuos sólidos aprovechables; 2000. p. F.16.

- Rechazar o aceptar valores que resultan muy bajos o muy altos con respecto a la totalidad.
- El tamaño de la muestra.
- La confiabilidad del muestreo.

Cabe anotar que puede utilizarse cualquier método técnicamente válido, ya sea recomendado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas o estándares internacionales, para determinar la producción per cápita. Sea cual fuere el método escogido éste debe considerar al menos las siguientes variables⁷:

- Cantidad de residuos generados por día
- Número de habitantes en el sector de estudio

3.2 Composición de los Residuos Sólidos.

La generación de los residuos sólidos ha venido variando tanto en calidad como en composición, en la medida que el desarrollo industrial se ha consolidado, conocer la composición de los residuos sólidos es importante para poder enfrentar adecuadamente su manejo. El conocimiento de "qué se produce" y "cómo se produce" permite no sólo conocer el desarrollo de las sociedades sino también describir la relación existente entre el hombre y la naturaleza.

Son grandes las posibilidades para llevar a cabo acciones que permitan el reutilizar los residuos, mediante la selección y clasificación de los subproductos, la separación de los subproductos de la basura trae consigo la operación de pequeñas empresas dedicadas al reciclaje y transformación de nuevos productos. En el caso de los residuos alimenticios, a través de sencillos tratamientos se

⁷ Ibíd. p. F.16.

puede transformar en composta (fertilizante orgánico) o en alimento para animales, algo fácil de hacer incluso en centro generador.

Asimismo, se puede utilizar el papel y el cartón para obtener, cartón gris, cartoncillo, envases de tomate y frutas, cajas de zapatos, láminas acanaladas, etc. De esta forma, además de aprovechar los residuos sólidos se contribuye a preservar los recursos naturales y a elevar la vida útil de los sitios de disposición final, al depositarse en ellos menor cantidad de residuos, en la tabla F.1.3 (RAS-2000 Título F) se muestran las propiedades físicas, químicas y biológicas que se deben analizar según el grado de complejidad y el tipo de sistema a diseñar⁸.

Tabla 4 (F.1.3 RAS-2000).
Tipo de caracterización física química y biológica de los residuos sólidos

Sistema	Tipo de caracterización	Nivel de complejidad del sistema				Normas
		Bajo	Medio	Medio Alto	Alto	
Recolección y transporte	Peso específico	X	X	X	X	
	Contenido de humedad	X	X	X	X	

Nota: Solo se muestra la parte de la tabla que muestra la caracterización para las etapas de recolección y transporte.

X: Obligatorio

X¹: Obligatorio si son usados como combustibles

El generador debe identificar las características peligrosas de cada uno de los residuos que genere, teniendo en cuenta las características de los procesos en donde dichos residuos sean generados y de las materias primas y otros insumos empleados. Si la caracterización requiere análisis de laboratorio, estos deben realizarse por un laboratorio aprobado por la autoridad competente. La identificación de los residuos peligrosos debe basarse en los criterios presentados en los literales F.7.3 y F.7.4. (RAS-2000 Título F).

⁸ Ministerio de desarrollo económico. RAS 2000. Capítulo A, Uso de residuos sólidos aprovechables; 2000. p. F.18.

3.3 Clasificación de los Residuos Sólidos.

Los residuos sólidos pueden ser clasificados en cuatro esquemas diferentes como son:

Esquema de clasificación según composición física: en el cual se clasifican como:

1. Residuos de comida y jardín
2. Productos de papel
3. Productos de cartón
4. Plástico
5. Caucho y cuero
6. Textiles
7. Madera
8. Productos metálicos
9. Vidrio
10. Productos cerámicos, ceniza, rocas y escombros
11. Huesos
12. Otros

Esquema de clasificación según la procedencia de los residuos sólidos: deben clasificarse, al menos, por:

1. Residenciales
2. Industriales
3. Institucionales
4. Hospitalarios
5. De barrido

Esquema de clasificación según la factibilidad de manejo y disposición: se deben clasificar de acuerdo con el siguiente esquema:

1. Comunes
2. Especiales

Esquema de clasificación según el grado de peligrosidad: en sistemas de gestión de residuos peligrosos, los residuos sólidos deben clasificarse mínimo en:

1. Comunes
2. Peligrosos

4 ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Cualquier material que adquiere la calidad de residuo pasa a formar parte de un proceso de operaciones secuenciales que conforman un sistema de manejo. La primera de estas operaciones en el manejo de los residuos sólidos consiste en almacenarlos en su lugar de origen, debido a que los residuos que se producen no se pueden eliminar de inmediato, se requiere de un tiempo, un depósito y un lugar adecuados para mantenerlos mientras se espera que sean evacuados o retirados. Esta operación es responsabilidad exclusiva del generador del residuo, sin embargo está reglamentado por el RAS-2000 en el Título F letra F.3.3.3 para que se haga un almacenamiento adecuado.

El almacenamiento apropiado de los residuos tiene una influencia positiva en el manejo de los mismos y en el aseo urbano. Por el contrario, el almacenamiento inadecuado tiene varios efectos negativos sobre el servicio de recolección, debido principalmente a lo siguiente:

- Uso de recipientes de capacidad inadecuada (muy grandes o muy pequeños).
- Material de construcción de los recipientes inadecuado.
- No se separan los componentes (residuos orgánicos e inorgánicos).

Lo anterior propicia que:

- Aumente el tiempo de recolección.
- Se provoquen lesiones al personal del servicio de recolección.
- Se afecte la salud de la población al proliferar fauna nociva como insectos y roedores.

En nuestra sociedad, el uso de recipientes inadecuados representa uno de los principales problemas en la forma de almacenar la basura en espera de la recolección. El uso de recipientes de gran capacidad, como los tambos de 200 lts, ocasiona problemas debido al gran peso propio del recipiente y a que una vez llenos son muy difíciles de manejar para su descarga, por lo que son una fuente potencial de lesiones para el personal del servicio de recolección.

Otro tipo de recipientes, como las cajas de cartón y las bolsas de papel, resultan problemáticos debido a que los residuos que normalmente se desechan contienen una alta cantidad de basura orgánica, lo que origina que estos recipientes se humedezcan y se desbaraten con el manejo, esparciéndose los residuos; también, son fácilmente accesibles para la fauna nociva, propiciando su proliferación. En la tabla 5 se presentan las ventajas y desventajas de varios tipos de recipientes utilizados para el almacenamiento⁹.

Tabla 5 Características de los Recipientes utilizados para el almacenamiento.

TIPO DE RECIPIENTE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CAJA DE CARTÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Económica • Poco peso 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de deteriorarse, se destruye fácilmente por la humedad de los residuos sólidos. • Difícil manejo. • Fácil acceso a fauna nociva. • Inflamable
CAJA DE MADERA	<ul style="list-style-type: none"> • Económica • Estructura más o menos solida 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de deteriorarse • Provoca accidentes al personal de recolección. • Facilidad para que los residuos se dispersen.

⁹ SEDESOL. Manual de técnicas administrativas para el servicio de limpia municipal. D. F. México. 1999. p. 35.

		<ul style="list-style-type: none"> • Difícil manejo. • Fácil acceso a fauna nociva • Inflamable • Volumen inadecuado
BOTE DE LAMINA	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manejo • Mantiene condiciones sanitarias • Estructura sólida • Difícil acceso a fauna nociva 	<ul style="list-style-type: none"> • Con el uso se deterioran. • Provocan cortaduras cuando están deteriorados, • Fácil de oxidarse
BOTE DE PLÁSTICO CON TAPA	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manejo • Mantiene condiciones sanitarias, disminuye el ruido, son de peso ligero • Difícil acceso a fauna nociva 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura no muy sólida
BOLSA DE PAPEL	<ul style="list-style-type: none"> • Económica • Poco peso • Reduce el tiempo de recolección 	<ul style="list-style-type: none"> • Se rompe fácilmente • Se perfora con facilidad por materiales punzocortantes contenidos en los residuos. • Se destruye fácilmente por la humedad de los residuos. • Inflamable. • Fácil acceso a fauna nociva.
BOLSA DE PLASTICO	<ul style="list-style-type: none"> • Económica, fácil manejo, disminuye el tiempo de recolección. • Mantiene condiciones sanitarias - tiene un peso ligero - disminuye el ruido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se perfora con facilidad por materiales punzocortantes. • Inflamable. • Volumen inadecuado. • Fácil acceso a la fauna nociva. • Retarda el proceso de descomposición de los residuos en los rellenos.

4.1 Tipos de Almacenamiento.

El almacenamiento de residuos sólidos municipales se divide en dos tipos: almacenamiento domiciliario y almacenamiento no domiciliario.

4.1.1 Almacenamiento Domiciliario.

Este tipo de almacenamiento es el que se efectúa en las viviendas, sean éstas unifamiliares o edificios multifamiliares. A su vez, se divide en almacenamiento interno y externo, el almacenamiento interno es el que realizan los habitantes de la vivienda en las diversas áreas como son; cocina, baños, recámaras, etc. Por su parte, el almacenamiento externo es aquel donde se depositan todos los residuos generados en la vivienda, disponiendo para ello de un recipiente y un lugar especial en el exterior de la vivienda.

4.1.2 Almacenamiento no domiciliario.

El almacenamiento no domiciliario es aquel que se realiza en las diversas fuentes generadoras como:

- Comercios.
- Mercados.
- Tiendas de autoservicio.
- Terminales de transporte.
- Industrias.
- Hospitales.
- Sitios públicos.
- Institucionales.

Hay que considerar que en estas fuentes generadoras de basura también se realiza almacenamiento interno y externo. Por ejemplo, en el caso de mercados, se considera como almacenamiento interno el que realiza cada uno de los locatarios utilizando diversos tipos de recipientes de poco volumen; de esta forma, el almacenamiento externo se realiza en recipientes de mayor capacidad, generalmente tambos de 200 l, que captan la basura de los recipientes internos.

4.2 Tipos y Uso de Recipientes.

Dependiendo de la fuente de generación existen varios tipos de recipientes, los cuales varían en cuanto a su capacidad de almacenamiento y material de construcción. Se definirá el procedimiento más adecuado para el almacenamiento externo en las diversas fuentes generadoras.

4.2.1 Características de los recipientes.

Recipientes para almacenamiento domestico. el almacenamiento externo en domicilios, generalmente se realiza utilizando recipientes de poco volumen, y tan diversos como botes de lámina galvanizada o de plástico, bolsas de plástico, recipientes improvisados como cajas de cartón o de madera y hasta recipientes de desecho como botes, cubetas, ollas, etc.

Los recipientes más adecuados son los botes de lámina galvanizada y los de plástico, de capacidad variable de acuerdo a la cantidad de residuos generados, aunque lo más recomendable es que sean de entre 60 y 100 lts. Los recipientes de más de 100 lts tienen la desventaja de ser difíciles de cargar por un sólo hombre, mientras que los recipientes de menos de 60 lts afectan los tiempos de

recolección al ser mayor el número de recipientes a descargar. Estos recipientes deben tener las siguientes características mínimas¹⁰:

Canecas

1. Peso y construcción que faciliten el manejo durante la recolección.
2. Fabricados en material impermeable, de fácil limpieza, con protección contra el moho y la corrosión, como plástico, caucho o metal.
3. Dotados de tapa con buen ajuste, que no dificulte el proceso de vaciado durante la recolección.
4. Diseñados de modo que, estando cerrados o tapados, no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos por sus paredes o por el fondo.
5. Con bordes redondeados y de mayor área en la parte superior, de modo que se facilite el vaciado.

Las canecas domésticas deben lavarse por el usuario con una frecuencia tal que sean presentados en condiciones sanitarias adecuadas.

Recipientes desechables.

En el caso de que no se pueda contar con un recipiente como el descrito, una alternativa puede ser el uso de recipientes desechables como las bolsas de plástico. Su uso puede representar algunas ventajas al reducir el tiempo de recolección, debido a que al descargar las bolsas en el vehículo recolector se puede levantar más de una bolsa a la vez y se elimina el regreso del recipiente a la acera, sin embargo también tienen el inconveniente de retardar el proceso de descomposición de los desechos al ser enterrados en un relleno sanitario.

¹⁰ Ministerio de desarrollo económico. RAS 2000. Capítulo A, Uso de residuos sólidos aprovechables; 2000. p. F.18.

1. Su resistencia debe soportar la tensión ejercida por los residuos sólidos contenidos y por su manipulación.
2. Cuando se utilicen bolsas de material plástico o de características similares como recipientes desechables, el usuario deberá presentarlas cerradas con nudo o sistema de amarre fijo.

Cajas de almacenamiento.

En los edificios de departamentos, viviendas multifamiliares, centros educativos y otros centros de generaciones de esta magnitud es común encontrar que se utilizan tambos de 200 lts para el almacenamiento externo de la basura producida. Como ya se mencionó, estos recipientes son inadecuados en cuanto a su tamaño, por lo cual se provocan problemas en las eficiencias del servicio de recolección. Los recipientes conocidos como contenedores son los más adecuados para ser usados en estos lugares. Por lo común, los contenedores son de construcción metálica y varían en cuanto a su capacidad, pero los más usados son los de 1.5 m³ de capacidad.

El uso de contenedores requiere de un servicio especial de recolección que cuente con camiones que tengan el aditamento especial para realizar la descarga del contenedor, de este modo, antes de adquirir este tipo de recipientes se debe verificar si se tiene el servicio de recolección adecuado, los contenedores deberán tener las siguientes características:

1. El tamaño y capacidad, así como su sistema de cargue y descargue, deben ser las que señalen las entidades encargadas del aseo, con el objeto de que resulten compatibles con los correspondientes equipos de recolección y transporte colectivo.

2. Las dimensiones deben ser tales que aseguren el almacenamiento completo de los residuos sólidos producidos entre dos recolecciones sucesivas.
3. Su forma y configuración deben ser tales que impidan el acceso de animales.
4. Deben ser compatibles con el vehículo de recolección del sistema.

De no ser posible utilizar contenedores, ya sea por su elevado costo o porque no existe el servicio de recolección adecuado, se aconseja como lo más adecuado utilizar recipientes como los descritos para el almacenamiento externo en casa-habitación.

Se debe procurar darles el mantenimiento necesario, en caso de utilizar recipientes metálicos deben pintarse, por lo menos una vez al año, para evitar la corrosión; si el recipiente no tiene tapa será necesario adaptarle una para evitar la proliferación de fauna nociva y los malos olores.

Canecas Públicas.

En los sitios públicos se utilizan los recipientes conocidos como papeleras. Estos recipientes se colocan en calles, parques y otros sitios públicos, y se destinan a recibir aquellos residuos que son generados por el público asistente a esos lugares, los residuos generalmente acumulados son restos alimenticios, envolturas, colillas de cigarrillos, envases, cajas y envolturas, por lo general, las papeleras son de construcción metálica, aunque el tamaño de estos recipientes no está completamente definido. La determinación exacta de la capacidad o tamaño de estos recipientes se efectúa por experiencia o por el método de "prueba y error" hasta encontrar el tamaño.

Las canecas públicas deben cumplir con los siguientes requisitos exigidos por la norma RAS-2000:

1. La altura de la boca debe estar entre 0.75 m y 1.10 m del suelo (altura de la mano para facilitar su uso).
2. El ancho de la boca debe ser como mínimo de 0.35 m para evitar la caída de los papeles al disponerlos.
3. Para que los papeles no vuelen con el viento es preferible que las canecas sean bastante profundas y no colocar tapas ya que el público se resiste a empujar una tapa que se supone estará sucia.
4. Deben tener algunas perforaciones en el fondo para evitar que se llenen de agua cuando llueva.
5. Deben ser fáciles de vaciar, por lo que conviene que puedan voltearse girando sobre su propio eje horizontal.
6. Deben estar sólidamente sujetos para evitar que sean robadas. Los soportes tienen que ser resistentes para que los golpes ocasionales no los doblen.
7. El color debe ser llamativo para atraer la vista, pero sin alterar la estética del sector.
8. Deben ser ubicados en esquinas y áreas de mayor concentración y movimiento de personas, tomando en cuenta que no obstruyan el paso de peatones y que éstos no se desplacen en demasía para depositar el residuo en la caneca.
9. Los recipientes sujetos en postes o empotrados en la pared, estarán a una altura de 0.70 m a 1.0 m, dependiendo si éstos se encuentran en una zona escolar, comercial o de esparcimiento público.
10. El material de los recipientes debe ser duradero, consistente y liviano.
11. El municipio debe realizar el mantenimiento permanente de estas canecas públicas. (Puede ser a través de terceros).

Recipientes para almacenamiento de residuos sólidos con características especiales.

Deben ser distintos a los destinados para el servicio ordinario, claramente identificados y observando medidas especiales sanitarias y de seguridad para la protección de la salud humana y el medio ambiente. Deben ser de cierre hermético y estar debidamente marcados con las medidas que deben seguirse en caso de emergencia.

Recipientes para Almacenamiento Industrial.

Las industrias generan una gran cantidad de residuos sólidos, algunos de los cuales representan un riesgo para el ambiente y la salud humana.

Por ello, es necesario que el almacenamiento externo en las industrias tome en cuenta el origen de cada residuo que se almacena. Esto es, los residuos no peligrosos que se generan en oficinas, comedores, vestidores, etc. deberán almacenarse separadamente de los residuos generados en algún proceso industrial.

Para el almacenamiento externo en las industrias se recomienda el uso de contenedores y tolvas de almacenaje. Los contenedores se usan principalmente para almacenar los residuos no peligrosos provenientes de los lugares ya mencionados, por otra parte, los residuos provenientes de procesos industriales se almacenan en tolvas, el uso de estas tiene como objeto que los residuos que representan algún grado de peligrosidad, y que muchas veces tienen una apariencia, consistencia y olor desconocidos para el recolector, no entren en contacto con el personal de recolección.

De este modo, los residuos almacenados en las tolvas son descargados directamente al vehículo recolector. Además, se recomienda que el vehículo

recolector sea propiedad de la industria y se utilice sólo para el transporte de esos residuos.

Recipientes para Almacenamiento en Hospitales.

Los hospitales generan una diversidad de residuos que es conveniente manejarlos en dos grupos: los residuos no contaminados y los residuos clínicos o contaminados. Los residuos no contaminados se generan por diversas actividades como las de aseo general y las de preparación de alimentos. Los residuos clínicos o contaminados son los generados en los laboratorios, salas de hospitalización, quirófanos, salas de curación, servicio de emergencia, eventualmente los de la consulta externa y medicamentos caducos.

Primeramente, los residuos se deben almacenar en el lugar que se generan, utilizando recipientes de características definidas en cuanto a tamaño, forma, material de construcción y hermetismo, de este modo, se recomienda como adecuado el uso de recipientes cilíndricos, metálicos ó de plástico duro, provistos de tapa hermética y asas, y cuya capacidad no sea superior a 100 lts, el uso de la bolsa de plástico amarrada o sellada como complemento del recipiente esto trae consigo una notable mejoría en las condiciones de higiene y rapidez; pero ésta no puede ser usada como recipiente independiente de almacenamiento, pues no cumple con la condición básica de resistencia ya que al cargarse con elementos muy pesados o punzocortantes se rompe fácilmente¹¹.

No es conveniente la reutilización de las bolsas de plástico que se utilizan como complemento del recipiente de almacenamiento interno. Así también se recomienda que los recipientes sean lavados y desinfectados, cada vez que son retirados los residuos, con una solución de hipoclorito de sodio.

¹¹ SEDESOL. Manual de técnicas administrativas para el servicio de limpia municipal. D. F. México. 1999. p. 41.

Los residuos no contaminados se llevan desde el lugar de su generación al almacenamiento externo. Para este almacenamiento se recomienda el uso de contenedores cuyo volumen estará determinado por la cantidad de residuos generados. Estos contenedores deben de mantenerse protegidos del sol, lluvia, viento, animales y personas ajenas al lugar, y con espacio suficiente para las maniobras de recolección y limpieza.

En el caso de los residuos clínicos o contaminados éstos deben ser tratados por métodos especiales, siendo el más adecuado la incineración. Los residuos biológicos, como miembros amputados, órganos extirpados, etc. constituyen la única excepción al método de almacenamiento interno, ya que tienen que ser desalojados de inmediato de su lugar de origen y llevados al incinerador del hospital.

4.2.2 Ubicación de los recipientes.

La zona de almacenamiento es el lugar en donde son colocados los recipientes de almacenamiento, en las diversas fuentes generadoras.

Esta son recomendaciones sobre la zona de almacenamiento que permiten el almacenamiento adecuado de los residuos y facilitan las labores de recolección:

- El lugar debe estar cubierto para evitar que la lluvia o el sol afecten los residuos almacenados.
- Los recipientes se colocan a una distancia de 20 cm sobre el nivel del piso.
- El lugar debe ser inaccesible a animales domésticos y a personas ajenas al lugar.
- Antes de la entrega de los residuos al servicio de recolección se deberán barrer los residuos dispersos e incorporarlos a los recipientes de almacenamiento.

- No deberá haber cosas en desorden o materiales que no estén destinados para entregarse al servicio de recolección.
- El lugar se deberá de lavar por lo menos una vez a la semana, con agua caliente y detergente, con la finalidad de eliminar bacterias y malos olores ocasionados por los residuos que puedan adherirse al piso del lugar.
- De preferencia, el piso del lugar de almacenamiento deberá construirse con materiales impermeables y antiderrapantes.

4.2.3 Escogencia del recipiente adecuado.

El sistema de almacenamiento de los residuos sólidos en las fuentes generadoras depende de varios parámetros como son:

- La cantidad de basura generada
- La densidad de la basura
- La frecuencia de la recolección
- El sistema de recolección utilizado.

Estos parámetros tienen una influencia directa sobre la capacidad y el tipo de recipiente necesario para el almacenamiento¹².

Generación de residuos sólidos.

El estudio de generación sirve para determinar la cantidad de residuos sólidos que se deben almacenar. La cantidad de basura que se produce se relaciona con:

- Número de habitantes de la vivienda.
- Nivel socioeconómico.
- Estación del año.

¹² SEDESOL. Manual de técnicas administrativas para el servicio de limpia municipal. D. F. México. 1999. p. 44.

- Hábitos alimenticios.
- Día de la semana.
- De infraestructura de servicios.

Densidad de los Residuos.

La densidad o peso volumétrico se define como:

- El volumen necesario para acomodar una determinada cantidad de residuos de acuerdo a su peso.

Este parámetro está relacionado a las características físicas de los residuos.

Frecuencia de la recolección.

La frecuencia de la recolección determina la cantidad de residuos a almacenar de acuerdo al número de días en que se ofrece el servicio de recolección. Para su aplicación en la determinación de las necesidades volumétricas de almacenamiento se utilizan los siguientes factores¹³:

Tabla 6 Factores de frecuencia de recolección.

FRECUENCIA DE RECOLECCION	FACTOR (FR)
DIARIA	1
CADA TERCER DIA	2
TRES VECES POR SEMANA	3
2 VECES POR SEMANA	4
UNA VEZ A LA SEMANA	7

¹³ Ibid. p. 45.

Cálculo de las necesidades volumétricas para el almacenamiento.

Para efectuar el cálculo del volumen necesario para el almacenamiento de los residuos en fuentes no domiciliarias se utiliza la siguiente expresión:

$$V = \frac{G \times fr}{P.V.}$$

Donde:

V= Volumen del recipiente en m³

G= Generación de residuos en kg/día.

P.V.= Peso Volumétrico o densidad de los residuos en Kg/m³

fr= Factor de frecuencia de recolección.

Para el caso del almacenamiento de residuos domiciliarios, la necesidad de volumen se determina como sigue:

$$V = \frac{G \times n \times fr \times 1000}{P.V.}$$

Donde:

V= Volumen del recipiente en lts.

G= Generación de residuos por habitante en Kg/día.

n= Número de habitantes en el domicilio.

P.V.= Peso volumétrico de los residuos en Kg/m³

fr= Factor de la frecuencia de recolección.

5 SISTEMAS DE RECOLECCION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

La recolección de los residuos, uno de los más costosos elementos funcionales, es la parte medular del sistema de manejo de residuos sólidos y tiene como objeto primordial preservar la salud pública mediante la recolección de los residuos en todos los centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento y/o disposición final, de la manera más sanitaria posible, eficientemente y con el mínimo costo.

Para el diseño del sistema de recolección, una de las primeras decisiones que debe tomarse, es acerca del método de recolección de residuos. Entre los más comunes se tiene “recolección en esquina, recolección en acera y recolección en unidades de almacenamiento o contenedores” estos métodos están descritos en el literal F.1.2 del Título F de la norma RAS-2000; esta es una decisión importante porque incide en las otras variables de recolección, incluyendo el tipo de recipiente para el almacenamiento, tamaño de la cuadrilla y en la selección de los vehículos recolectores, otro punto de decisión es la frecuencia de recolección. Ambos factores; el método y la frecuencia deben considerarse en cuanto a su impacto en los costos de recolección.

Además la recolección de residuos sólidos debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. La recolección debe efectuarse de modo que se minimicen los efectos ambientales, en especial el ruido y la caída de residuos en la vía pública. En

caso de que se viertan residuos durante la recolección es deber del recolector realizar inmediatamente la limpieza correspondiente.

2. La entidad prestadora del servicio debe contar con equipos de reserva para garantizar la normal prestación del servicio de aseo urbano en caso de averías. El servicio de recolección de residuos sólidos no debe ser interrumpido por fallas mecánicas de los vehículos. Sólo podrá suspenderse por los motivos de fuerza mayor o caso fortuito contemplados en las leyes ó decretos vigentes.

3. El servicio de recolección se prestará en las frecuencias y horarios definidos en el contrato de condiciones uniformes.

El compromiso del operador debe ser dejar limpia cada zona, a través de determinadas frecuencias y horarios de prestación del servicio, las cuales serán determinadas según el grado de sostenibilidad de la limpieza de la zona.

4. En las zonas en las cuales se utilice el sistema de recolección por contenedores, los usuarios o los operadores, deben instalarlos en la cantidad que sea necesaria para que los residuos sólidos depositados no desborden su capacidad y esté acorde con la frecuencia de recolección.

El contenedor debe ser compatible con los equipos de recolección del operador por eso la responsabilidad de colocarlos deber ser de éstos, previo análisis ambiental, técnico y operativo, limitando su cantidad con autorización de la comunidad. Su costo debe estar involucrado en la tarifa, para esquemas de prestación regular del servicio. De todas maneras, la colocación de contenedores puede generar botaderos si no se estipula su control y cantidad. Lo anterior no descarta la colocación de cestas públicas de acopio de residuos por parte de la comunidad atendida.

5. La operación de compactación debe efectuarse en zonas donde cause la mínima molestia a los residentes. En ningún caso esta operación puede realizarse frente a centros educativos, hospitales, clínicas o cualquier clase de centros asistenciales.

5.1 Método de parada fija o de esquina.

La recolección en esquina consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles, en donde previamente por medio de una campana se comunica la llegada del camión y los usuarios acuden a entregar sus residuos.

El método de parada fija es de los más comunes y económicos, sin embargo cuando no hay quien tire la basura, ésta puede acumularse en exceso y ser arrojada clandestinamente.

5.2 Método de acera.

La recolección en acera consiste en que simultáneamente al recorrido del camión por su ruta, los “peones” de la cuadrilla van recogiendo los residuos, previamente colocados por los residentes en el andén ubicado frente a sus casas.

Este método debe tener un horario y una frecuencia cumplida, y los residentes deben estar informados de ello, para sacar sus bolsas con residuos en el momento adecuado evitando así que los perros u otros animales rompan las bolsas y derramen los residuos cuando se colocan con demasiada anticipación al paso del vehículo.

La cuadrilla del vehículo debe estar integrada mínimo por un chofer y dos peones, los cuales se encargarán de ir recogiendo las bolsas plásticas con los residuos y depositarlas en el vehículo, cada peón tendrá a su cargo una acera.

5.3 Método de Contenedores.

La recolección en unidades de almacenamiento o contenedores, requiere de empleo de camiones especiales y que los contenedores estén ubicados en forma accesible al vehículo recolector. Es un método ideal para centros de gran

generación de basura; hoteles mercados, hospitales, industrias, etc., exige que la recolección se dé con la debida oportunidad, ya que de lo contrario puede ocasionar focos de contaminación, al mantener almacenados grandes cantidades de residuos, en diferentes sitios de la ciudad.

6 DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS

Una fase importante del sistema de recolección de residuos sólidos municipales, es la que comúnmente se conoce como ruta, la cual no es otra cosa que los recorridos específicos que deben realizar diariamente los vehículos recolectores en las zonas de la localidad, donde han sido asignadas con el fin de recolectar en la mejor forma posible los residuos generados por los habitantes de dicho sector.

En el medio el sistema más usado, tradicionalmente, para el diseño de rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos ha sido en base al juicio y experiencia del jefe encargado del sistema de aseo, quienes hacen las veces de proyectistas, por lo cual la mayoría de las rutas de recolección diseñadas por ellos dejan mucho que desear en cuanto a aspectos de operación y funcionamiento. Un mal diseño de rutas de recolección, trae como consecuencia, graves daños al sistema de recolección, entre los que se pueden citar los siguientes:

- Deficiente operación y funcionamiento del equipo.
- Desperdicio de personal.
- Reducción de las coberturas del servicio de aseo.
- Y la proliferación de tiraderos clandestinos a cielo abierto.

Asimismo, para adoptar las diferentes decisiones previas para el mejoramiento de las rutas de recolección de los residuos sólidos, es indispensable informar adecuadamente al público de las razones que hay para hacerlo y llegar a obtener su colaboración, los argumentos tienen que basarse en razones sanitarias y de reducción de costos. Aún cuando existen subsidios estatales para el servicio de recolección, el público también está pagando los costos innecesarios, en tal caso en forma indirecta.

6.1 Reglas Básicas para el Diseño de Rutas.

- a). El diseño de rutas trata de aumentar la distancia productiva en relación a la distancia total.
- b). Los recorridos no deben fragmentarse ni traslaparse. Cada uno debe consistir en tramos que queden dentro de la misma área de la ciudad o localidad en estudio.
- c). El inicio de una ruta debe estar cerca del garaje o lugar de donde parquea el vehículo recolector y el final cerca del lugar de disposición final de residuos sólidos.
- d). En lugares con pendientes fuertes o desniveles altos, debe procurarse hacer el recorrido de la parte alta a la parte baja. Si se presentan hondonadas que hay que bajar y luego subir, hay que procurar atenderlas al comienzo del viaje, cuando el vehículo recolector va con poca carga.
- e). Tratar de recolectar simultáneamente ambos lados de la calle. Sin embargo, ello no es recomendable en avenidas muy anchas o con mucho tránsito.
- f). Se debe respetar el sentido de circulación y la prohibición de ciertos virajes.
- g). Evitar los giros a la izquierda y las vueltas en U, por que hacen perder tiempo, son peligrosos y obstaculizan el tránsito.
- h). Las calles con mucho tránsito deben recorrerse en las horas en que este disminuye.
- i). Cuando hay estacionamientos de vehículos, hay que procurar efectuar la recolección en los momentos que la calle está más despejada.
- j). Cuando la recolección se hace simultáneamente a ambos lados de la calle, deben hacerse recorridos largos y rectos, con pocas vueltas.
- k). Es preciso reconocer muy bien las características propias de la ciudad para que las rutas de los camiones recolectores no causen muchos problemas.

6.2 Diseño de Macro rutas.

Se denomina macro rutas a la división de la ciudad en sectores operativos y a la asignación de vehículos recolectores en cada sector, para el diseño de las macro rutas se recomienda seguir la siguiente metodología:

1. Definir planimétricamente la zona a servir, teniendo en cuenta los planes de desarrollo de cada municipio. Deben definirse también las redes de servicio público existentes
2. Incluir en el plano las toneladas diarias de residuos sólidos para cada vivienda ó contenedor, de acuerdo con el sistema de recolección previamente escogido.
3. Subdividir el área en zonas que tengan el mismo uso, por ejemplo: residencial, comercial, industrial, etc.
4. Asignar a cada subárea una o más micro rutas. Esta asignación debe en lo posible limitar el paso por cada calle a una vez y en general deben considerarse las recomendaciones para el diseño de micro rutas.

En forma general, se puede decir que el diseño de las macro rutas se puede llevar acabo de la siguiente manera:

Sectorización.

La sectorización consiste en dividir la ciudad (si es lo suficientemente grande), en sectores operativos, de manera que cada uno tenga los vehículos de recolección requeridos, oficinas y garaje, buscando que sea una sección administrativa autónoma con servicios de mantenimiento preventivo y limpieza.

Zonificación del sector.

Cada sector se debe dividir en zonas que serán cubiertas por un vehículo recolector durante la semana. Para realizar esto se debe contar con la siguiente documentación, para cada zona del sector:

- Planos que contengan: urbanización, áreas pavimentadas, topografías y tipos de disposición y/o tratamientos.
- Zonas de habitación unifamiliar: nivel socioeconómico, número de casas, tránsito, vialidad y número de habitantes por vivienda.
- Localización de puntos de gran generación de residuos sólidos.
- Generación unitaria de residuos sólidos de los elementos anteriores.
- Método de recolección a utilizar y
- Frecuencia de recolección.

Un diseño preliminar de macro rutas se puede hacer partiendo de la población "P" de una zona de la ciudad, de la producción de residuos sólidos en kg/hab/día "G" y de la frecuencia del servicio "F", expresado en días/semana. El número de días que transcurren entre dos recolecciones serán G/F, si no consideramos por el momento lo que ocurre los días domingo y se trabaja seis días por semana¹⁴.

Resulta:

Producción de residuos sólidos por día en la zona elegida = $P \times G$.

Cantidad de residuos sólidos que se deben recoger en la zona que corresponde el servicio = $P \times G$

Cantidad de residuos sólidos que puede recoger el vehículo = $N \times C$.

$$P \times G \times (G/F) = N \times C$$

Donde:

C= capacidad del vehículo en kilogramos.

N= número de viajes por turno.

¹⁴ SEDESOL. Manual de técnicas administrativas para el servicio de limpia municipal. D. F. México. 1999. p. 78.

Producción de residuos.

Para determinar la producción de residuos sólidos, en kg/hab/día, es preciso pesar todos los vehículos recolectores durante una semana y dividir la carga total por la población atendida y por siete días. El cálculo puede hacerse para toda una ciudad, pero como suele haber variaciones para las diferentes zonas de la misma, se obtienen valores más exactos si la determinación se efectúa para cada sector.

Frecuencia de la recolección.

La frecuencia "F" resulta de las decisiones previas a tomar en la recolección; mientras menor sea la frecuencia, más económica es la recolección. Como la mosca tarda entre 9 y 20 días en llegar del huevo a adulto, por razones sanitarias no conviene reducir la frecuencia a menos de 2 veces por semana y, como límite una vez por semana. En América Latina es un lujo innecesario la recolección diaria por su alto costo y es riesgosa para la salud la frecuencia menor a dos veces por semana.

Número de viajes por turno.

El número de viajes por turno puede ser 1, 2, ó 3, y eventualmente 4. En un primer cálculo puede considerarse N=2 pero más adelante se explica cómo ajustarlo según el tiempo disponible. Una vez definidos los parámetros anteriores, determinaremos: el número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector; número de viajes por vehículo; capacidad útil del vehículo; tamaño de la cuadrilla; la distancia productiva y los ajustes.

Número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector.

Como una primera aproximación del número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector, se puede utilizar la siguiente fórmula¹⁵:

¹⁵ SEDESOL. Manual de técnicas administrativas para el servicio de limpia municipal. D. F. México. 1999. p. 80.

$$Nv = \frac{G \times P \times 7 \times Fr \times K}{N \times C \times dh}$$

Donde:

Nv = número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector.

G = producción de residuos sólidos en kg/hab/día; se obtiene a partir de una muestra e incluye un porcentaje adicional por residuos no domésticos.

P = población de diseño en habitantes.

N = número de viajes por unidad por jornada normal de trabajo.

C = capacidad útil de vehículo en kg.

7/dh = relación que toma en cuenta los residuos sólidos generados entre los días que se trabaja.

Fr = factor de reserva 1.07 a 1.20 según el estado, edad promedio y mantenimiento de la flotilla.

K = factor de cobertura, 1.00 en sectores céntricos, disminuyendo en periferia.

Número de viajes por vehículo.

Una vez seleccionado un vehículo el número de viajes se convierte en un parámetro clave para medir la eficiencia del sistema de recolección. Para estimar el número de viajes es necesario definir los tiempos requeridos por el vehículo para realizar cada una de las acciones que forman su ciclo de trabajo, el cual teóricamente queda expresado por:

$$t = Tg + Tgr + (Tr + Trr + Tm) \times N + (N - 1) \times Trr + Trg$$

$$t = Tg + Tgr + Trg + N \times (Tr + 2Trr + Tm) - Trr$$

Donde:

t = duración del turno o tiempo hábil por día

N = número de viajes del camión, por turno normal de trabajo.

Tg = tiempo de preparación en garaje.

Tgr = tiempo de traslado de garaje a ruta.

Tr = tiempo de recolección = (t'r + tr) x U.

tr = tiempo de transporte corto.

t'r = tiempo de carga.

U = número de usuarios servidos en un viaje.

Trr = tiempo de ruta a sitio de disposición o estación de transferencia.

Tm = tiempo de pesaje, transporte interno, espera de descarga, etc., en sitio de disposición o estación de transferencia.

Trg = tiempo de ruta a garaje.

Despejando N de la segunda ecuación tenemos:

$$N = \frac{t + Trr - Tg - Tgr - Trg}{Tr + 2Trr + Tm}$$

Sin embargo, el número de viajes "N" establecido debe cumplirse dentro de la jornada de trabajo. Si se cumple, es posible calcular la distancia que puede recorrerse recolectando los residuos sólidos.

Por lo tanto, para determinar la distancia que recorre el vehículo durante el turno, se puede definir como:

$$km = \frac{P}{d}$$

Así mismo si consideramos la velocidad de avance del vehículo y el tiempo disponible para la recolección, esta distancia se determina mediante la siguiente expresión:

$$km = \frac{T \times r}{60}$$

Es importante considerar que en una ruta de recolección hay distancias productivas, es decir, aquellas en que se está cargando los residuos sólidos, y distancias muertas, en las que el vehículo se desplaza de un lugar a otro sin

cumplir trabajo efectivo. Si llamamos "a" a la distancia productiva que puede recorrer el vehículo en el tiempo t, obtendremos la distancia que se cubre en la recolección:

$$km = \frac{a \times T \times r}{60}$$

Puede ocurrir que:

$$\frac{P}{d} > \frac{a \times T \times r}{60}$$

Donde:

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

d = densidad de población en hab/km.

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

T = tiempo disponible para la recolección en minutos.

r = velocidad de avance del vehículo durante la recolección, en km/hr.

El diseño de rutas consiste principalmente en aumentar los valores de "a", es decir, que las distancias productivas sean máximas y que las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible si resulta:

$$\frac{P}{d} > \frac{a \times T \times r}{60}$$

El tiempo disponible no alcanza para cumplir la tarea y es preciso hacer ajustes.

De lo contrario si resulta:

$$\frac{P}{d} < \frac{a \times T \times r}{60}$$

Sobra tiempo disponible. Por lo tanto, lo ideal es buscar que:

$$\frac{P}{d} = \frac{a \times T \times r}{60}$$

La densidad de población "d" en habitantes por km se determina dividiendo la densidad de la población por la longitud total de las calles. Sin embargo, "d" es variable dentro de la ciudad, por lo que al hacer los ajustes hay que establecerlas mediante censos locales.

El valor de "a" es la distancia que recorre el vehículo cargando residuos dividida por la distancia total que recorre la ruta, lo que se mide en un plano. Varía entre 0.9 y 0.6.

El tiempo "T" disponible para recolección resulta de restar de la jornada legal de trabajo el tiempo empleado en ir desde el garaje al inicio de la recolección, el gastado en ir y regresar de los lugares de disposición y el regreso al garaje. En todo caso, estos viajes deben determinarse para cada ciudad.

La velocidad de recolección "r" es una constante en los países latinoamericanos, al menos en los sectores residenciales, y se puede establecer dividiendo la distancia recorrida en sus rutas existentes por el tiempo empleado. Dicha velocidad varía entre 1.5 y 1.9 km/hr¹⁶.

Capacidad útil del vehículo.

La capacidad depende del volumen de la caja y de la densidad que alcanza el residuo sólido, dependiendo esta última de la existencia de mecanismos compactadores.

En el caso del tamaño de la caja, deberá escogerse con cuidado ya que la capacidad de recolección de un vehículo está dada más bien en función del rendimiento y tamaño de la cuadrilla más que del volumen de la caja.

¹⁶ SEDESOL. Manual de técnicas administrativas para el servicio de limpia municipal. D. F. México. 1999. p. 85.

Por otro lado, a mayor tamaño de la caja, mayor carga trasladada y menor costo unitario.

Una consideración importante en el momento de hacer la selección es el hecho de que para un cierto tamaño de caja, se hace necesario el uso de ejes tipo "tándem". La capacidad útil está dada por:

$$C = V \times P_v$$

Donde:

C = Capacidad del vehículo en kg.

V = volumen de la caja del vehículo, en m³.

P_v = Peso volumétrico de los residuos sólidos en el vehículo en kg/m³.

Número de casas o usuarios por vehículo.

El número de casas o usuarios que puede servir un vehículo se estima a través de la siguiente fórmula:

$$U = \frac{N \times C \times F}{H_c \times G}$$

Donde:

U = usuarios servidos por el vehículo en una jornada normal de trabajo.

N = Número de viajes que puede realizar el vehículo en la jornada.

C = Capacidad del vehículo, en kg.

F = Frecuencia de recolección.

H_c = Habitante promedio por casa o vivienda.

G = Producción de residuos sólidos en kg /hab/día.

La zona o ruta que se asigna al vehículo para cubrirla en la semana de seis días hábiles, deberá tener un número de viviendas dado por:

$$U = u \times c$$

Para:

$$F = 6/7; c = 1$$

$$F = 3/7; c = 2$$

$$F = 2/7; c = 3$$

$$F = 1/7; c = 6$$

Tamaño de la cuadrilla.

Este es un parámetro esencial para optimizar el uso del vehículo recolector de acuerdo con el tamaño de la caja y se puede estimar a través de la siguiente relación:

$$Nr = \frac{N \times C}{R \times H}$$

Donde:

Nr= número de recolectores.

N= número de viajes que puede efectuar el vehículo durante la jornada normal de trabajo.

C= capacidad útil del vehículo en kg.

R= rendimiento en kg/hombre-hora.

H= duración de la jornada normal en horas.

Diseño de rutas.

Después de efectuar la zonificación es necesario diseñar cada ruta en detalle, para lo cual es preciso considerar las reglas básicas, que se sustentan en una serie de factores variables de acuerdo con la localidad en cuestión, los cuales se enuncian a continuación:

- Traza urbana de la localidad
- Topografía de la localidad
- Ancho y tipo de las calles

- Método de recolección
- Equipo de recolección
- Densidad de población
- Generación de residuos sólidos

Para eso se dibuja un plano en la zona, de preferencia a una escala de 1:5000, y sobre él se pone una hoja de papel transparente en la cual se marcan, con línea llena los tramos de la ruta prevista en que se está recogiendo residuos sólidos (distancia productiva), y con línea de segmentos aquellos que el vehículo sólo se está desplazando de un lugar a otro (distancias muertas), las calles en que el vehículo no entra, sino que espera a que el personal vaya a buscar los receptáculos con basura, se marcan con línea llena delgada y suelen denominarse "alcance". Cambiando la hoja de papel transparente se dibujan varias alternativas. De todas las alternativas se elige aquella en la que la longitud de la línea de segmento sea mínima. Un buen diseño de una ruta puede permitir economías de tiempo de hasta una hora o más¹⁷.

6.3. Generalidades del diseño de micro rutas.

Se denomina micro ruteo, al recorrido específico que deben realizar diariamente los vehículos recolectores de residuos sólidos, en los sectores de la ciudad donde han sido asignados. El diseño de micro rutas debe hacerse teniendo en cuenta una serie de recomendaciones, los cuales se enuncian a continuación:

1. El diseño de la micro ruta debe comenzar en el punto más cercano al garaje del vehículo y terminar en el punto más cercano al sitio de disposición final de éstos
2. Los residuos localizados en zonas de congestión vial se deben recogerse a una hora del día tal que no haya congestiones de tráfico que retrasen el recorrido.

¹⁷ Ministerio de desarrollo económico. RAS 2000. Capítulo A, Uso de residuos sólidos aprovechables; 2000. p. F.33.

3. El diseño de la micro ruta debe minimizar los giros en “U” y los giros a la izquierda.
4. La micro ruta debe promover que el recorrido de las calles sea en el sentido de las manecillas del reloj.
5. La micro ruta debe ser continua, es decir que contenga una serie de calles sin zonas muertas o traslapadas con calles correspondientes a otras rutas.
6. Las micro rutas correspondientes a una misma zona de servicio deben en lo posible recolectar un mismo número de cargas diarias lo que le da flexibilidad al servicio.
7. Las vías cerradas deben ser recolectadas así: desplazamiento en reversa y recolección en marcha adelante.
8. En lo posible las micro rutas deben diseñarse para que empiecen y terminen cerca de calles de tráfico alto. Utilizando las barreras topográficas y físicas como bordes de la macro ruta.
9. En zonas de cerros, la recolección debe empezar en la parte más alta y continuar cuesta abajo mientras se cargan los vehículos.
10. En calles empinadas, la recolección empezará en la parte más alta y, si se deben recoger ambas aceras, el conductor viajará cuesta abajo mientras el personal recolector carga el camión.
11. En caso de recolección en ambas aceras deben preferirse rutas derechas, con pocos giros.
12. El conductor o jefe de cuadrilla debe contar con una carta de recorrido o micro ruta preestablecida al momento de iniciar los servicios; ésta debe ser susceptible de adaptar a medida que la cuadrilla descubra mejores formas de realizar el servicio (reducción de tiempo y consumo de combustible).
13. Debe minimizarse los tiempos muertos y recorridos improductivos
14. Tránsito real y futuro

15.Censo de grandes generadores de basura

Métodos para el diseño de micro rutas.

En forma general se puede decir que los métodos determinísticos son los más recomendables para el diseño de micro rutas, ya que en ellos se pueden involucrar todos los parámetros que inciden en el diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos. Además con este tipo de métodos si se obtienen rutas optimas de recolección de residuos sólidos. Ahora bien, dos de los más importantes métodos determinísticos son los siguientes algoritmos:

- Algoritmo de Little para resolver el problema del agente viajero.
- Algoritmo del cartero chino.

El primero de ellos se aplica en los casos en que la demanda es discreta; el segundo, es ideal para los casos en que la demanda es continua o semicontinua. De acuerdo con lo último, el algoritmo de Little se debe utilizar cuando el método de recolección de residuos sólidos es exclusivamente de esquina o parada fija; mientras que con el algoritmo del cartero chino, se diseñaran las rutas de recolección de residuos sólidos, cuando la ciudad cuente con un método de recolección tipo acera o intradomiciliaria o bien alguna de sus variantes, por lo que solo describiremos este método.

Algoritmo del cartero chino¹⁸.

Es una aplicación de la solución de redes de flujo con arcos (calles) dirigidos.

Hay un número de rutas que se pueden trazar uniendo una serie de vértices de tal manera de visitarlos a todos al menos una vez.

¹⁸ Jesús Racero Moreno, Edgar Pérez Arriaga. Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios. Valencia; 2006. p. 5

Euler planteó el problema de trasladar un desfile militar atravesando los siete puentes de su ciudad natal. Estudiando la configuración de los puentes y las calles encontró que no existía solución factible y propuso una serie de leyes matemáticas para hallar todos los recursos existentes en una red. Así se ha definido como un circuito Euler a toda ruta que, sea continua, que cubra cada arco de la red al menos una vez y que regrese a su punto de partida.

Si los arcos no son unicursivos, (en una sola dirección) se pueden utilizar reglas muy sencillas para saber si hay una solución de ruta Euler.

Si el número de vértices en la red es un número impar, existe una solución tipo Euler; de ser un número par, no existe dicha solución y algunos arcos deben ser trazados más de una vez.

Fue una revista china de matemáticas donde se planteó por primera vez una solución óptima a un circuito Euler. Describiendo las actividades de un cartero en caminar su ruta postal (en otras palabras "la ruta del cartero chino"). En este problema la ruta buscada es la que reduce la distancia viajando a lo largo de las calles (arcos) un sentido único y de regreso a su central de correos.

Suposiciones en que se basan estos algoritmos:

- a) Los costos unitarios de transportación son independientes de la cantidad de residuos sólidos transportados.
- b) Se cuenta con un número óptimo de sitios de disposición final o de estaciones de transferencia.
- c) La generación de residuos sólido es fija, no variable y siempre fijada en un sitio.
- d) No existen restricciones de capacidad en el sitio de disposición final o estación de transferencia al aceptar los residuos sólidos recolectados.

e) El tiempo en que la solución óptima es aplicable es limitado (o en otras palabras no está incluido el factor tiempo en la formación del algoritmo).

Desventajas¹⁹.

Los algoritmos del agente viajero y del cartero chino no toman en cuenta prioridades dentro de la micro ruta. Una prioridad puede ser una mayor generación (más demanda del servicio) en cierto sitio entre muchos otros de menor generación (demanda menor). Son poco flexibles. Cualquier cambio en la topografía, generación, climatología, cambios en la velocidad de cruce del vehículo recolector, cambio en sentido de las calles; hace necesario reformular toda la subrutina para encontrar rutas disponibles.

Los algoritmos dependen de su funcionalidad, de la experiencia que tiene el analista en micro rutas para proponer salidas heurísticas y reducir los requerimientos de cálculo. Ninguno de los algoritmos presenta realmente soluciones óptimas, a mejor opción del algoritmo y del analista, sólo obtendrá como resultado soluciones factibles.

Así mismo no se contempla la intervención de otras unidades de recolección con capacidad de transporte variable y costos unitarios variables. Esto es, si una cuadrilla asignada a una micro ruta de recolección no termina su meta, no puede haber otra cuadrilla disponible para completar la misión no finalizada.

¹⁹ Jesús Racero Moreno, Edgar Pérez Arriaga. Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios. Valencia; 2006. p. 5.

CAPITULO II

CONCLUSIONES Y POSIBLES SOLUCIONES REFERENTES AL PROBLEMA.

El sistema de aseo urbano nació de la necesidad de los asentamientos humanos de deshacerse de los residuos generados por sus labores cotidianas, con el crecimiento de estos asentamientos y a su vez con el incremento en la producción de residuos estos métodos de recolección se hicieron más tecnificados, hoy en día debido a los altos índices de consumo producidos por la industrialización y producción masiva de bienes de uso y servicios en su mayoría de carácter desechable la generación de residuos se ha incrementado de forma dramática, generando inconvenientes de índole sanitaria y ambiental ya que el servicio de aseo no se prestaba de la manera más eficiente oportuna y continua, lo que llevo a dictar medidas para mitigar estos problemas, de esto nació en Colombia la ley 142 de 1994 por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios y posteriormente la Resolución 1096 del 2000, Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS, y otros decretos reglamentarios dando un giro a la situación y permitieron el mejoramiento, la regulación y el control de este servicio de carácter público.

Cabe decir que pese a la existencia de toda esta normativa que rige y vela por la buena práctica de las empresas prestadoras del servicio de aseo, el servicio no se presta de forma eficiente, tal vez a causa de la falta de conocimiento de esta normativa o de métodos para la elaboración de rutas de recolección y transporte de los residuos sólidos, así como su almacenamiento y de la posterior disposición de estos. Se debe resaltar que este mal manejo de los residuos genera inconvenientes en la salud pública, el medio ambiente y la estética de la

comunidad, de allí la necesidad de mostrar formas fáciles y factibles de mejorar estos sistemas.

Para empezar es necesario que el municipio cuenten con indicadores precisos que les permitan planear y programar sus acciones e inversiones en el corto, mediano y largo plazo, ya sea para incrementar su infraestructura o para incorporar nuevas tecnologías, se necesitan redoblar esfuerzos para intensificar estudios sobre generación de residuos sólidos tanto domiciliarios como de otras fuentes, para poder enfrentar con un alto grado de seguridad el manejo de los residuos sólidos, ya que actualmente el municipio tienen en general un escaso conocimiento de sus residuos sólidos y los datos que se tienen son sólo estimaciones o no se han obtenido de acuerdo a las normas establecidas haciendo imposible la estimación correcta de los parámetros que deben regir el buen funcionamiento de las etapas a optimizar, estos parámetros deben determinarse a través de muestreos realizados para cada zona y si es posible para cada micro ruta, dentro de estos análisis también es vital establecer los tiempos productivos e improductivos de los recorridos.

Es necesario conocer la composición de los residuos sólidos ya que con ello se puede determinar la factibilidad de proyectos para la clasificación de subproductos, para su venta en centros de acopio, empresas recicladoras o industrias de tratamiento de basura, así se aprovecharía el gran porcentaje de material con posibilidad de reutilización presente en los residuos generados y la disposición de un pequeño grupo de chatarrerías en las que se genera una demanda significativa de residuos como papel, cartón, vidrio, metales y otros, los cuales son comercializados en el interior del país.

También es prioritario concientizar a la población de conservar limpias las calles de la ciudad, colocando en papeleras y contenedores los desechos generados, es de suma importancia realizar campañas dirigidas a la población

para evitar el derroche de recursos y generar menos residuos sólidos, en este aspecto es importante que en el uso de envases y cajas se promuevan los reutilizables y los reciclables, así como el aprovechamiento de los residuos orgánicos y no orgánicos de carácter reutilizable mediante la separación en la fuente, estas campañas se pueden realizar en compañía de las instituciones educativas capacitando a los jóvenes y que a su vez estos instruyan a la población por medio de servicios comunitarios.

Asimismo se requiere concientizar a la población sobre la forma en que se deben almacenar los residuos, ya que actualmente los residuos sólidos generados en las diversas fuentes tanto domiciliarias como no domiciliarias, son almacenados en una amplia variedad de recipientes, muchos de los cuales son inadecuados, por lo cual afectan de manera negativa a todo el sistema de manejo de los residuos, principalmente al servicio de recolección. Las mejoras que se quieran hacer sobre el manejo de los residuos sólidos deben partir, en primer lugar de las formas de almacenamiento de los residuos en la fuente generadora, por lo tanto, se requiere de una regulación por parte de la empresa prestadora del servicio sobre el tipo de recipiente a utilizar con el fin de que los recipientes usados por los usuarios para el almacenamiento cumplan con los requisitos necesarios que permitan un manejo higiénico y seguro de los residuos, y que esto influya de manera positiva en el servicio de recolección, esta reglamentación debe realizarse teniendo en cuenta las condiciones sociales y económicas de la localidad, ya que las exigencias de un recipiente para almacenamiento que cumpla con todos los requisitos pero que tenga un valor económico relativamente alto no será posible de cumplir por las familias de escasos recursos económicos, es necesario mencionar a los usuarios del servicio que los recipientes de almacenamiento externo utilizados en fuentes domiciliarias y no domiciliarias deben ser colocados en lugares apropiados que los conserven protegidos de la lluvia, sol, etc., e inaccesibles a los animales domésticos o personas ajenas que puedan alterar el adecuado almacenamiento que se haga de los residuos.

Es necesario que tanto analistas como usuarios de micro rutas de recolección conozcan las limitaciones de los algoritmos y de información útil que se puede obtener de su aplicación a una ruta y su comportamiento al ser usada en el campo. Los algoritmos son sólo "modelos de simulación" que permiten experimentar el comportamiento de todo sistema de manejo de los residuos sólidos y evaluar el desarrollo de los distintos componentes del mismo, utilizando estos modelos, se pueden observar además la eficiencia de cobertura, tiempos de traslado, tiempos muertos y otra información útil. Así también una adecuada combinación de intuición, buen juicio para encontrar soluciones y apoyo tecnológico y financiero, y de esta forma se puede lograr reducir los costos de recolección aún ante una extensión del servicio.

Un sistema de rutas bien diseñado, trae como consecuencia que el servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos municipales sea eficiente, en otras palabras, una mejora notable en el diseño de rutas, reduce costos de operación y mantenimiento; reduce las distancias muertas; se modifica la proporción de las distancias productivas respecto a la distancia total recorrida; se da el servicio a toda la población tal como se ha proyectado; se aprovecha toda la capacidad de los vehículos recolectores; se aprovecha toda la jornada legal de trabajo; se obtiene mayor colaboración del personal al darse cuenta que los nuevos recorridos le permiten ahorrar trabajo improductivo. Además permite en un momento dado adquirir más unidades de recolección.

Sin embargo, después de estar funcionando eficientemente un sistema, es preciso revisarlo al menos una vez al año, ya que es inevitable que se produzcan cambios en la ciudad. Dichos cambios pueden provocar aumento en la cantidad de residuos sólidos en algunos sectores; incremento en el tránsito en ciertas calles; sumarse nuevos sectores habitacionales; etc.

Para finalizar todo lo antes expuesto, podemos decir que uno de los aspectos fundamentales para el buen funcionamiento del servicio es trabajar con la población en general, concientizándola y haciéndole saber que el servicio que se presta es para su beneficio, que puede contribuir con la disminución de residuos mediante el aprovechamiento de material reciclable, que al final se verá reflejado en su economía, después de todo es el usuario quien paga por el servicio y que el proceso para mejorar el sistema de recolección de residuos sólidos municipales es constante, requiere de una atención ininterrumpida y responsable de las autoridades involucradas.

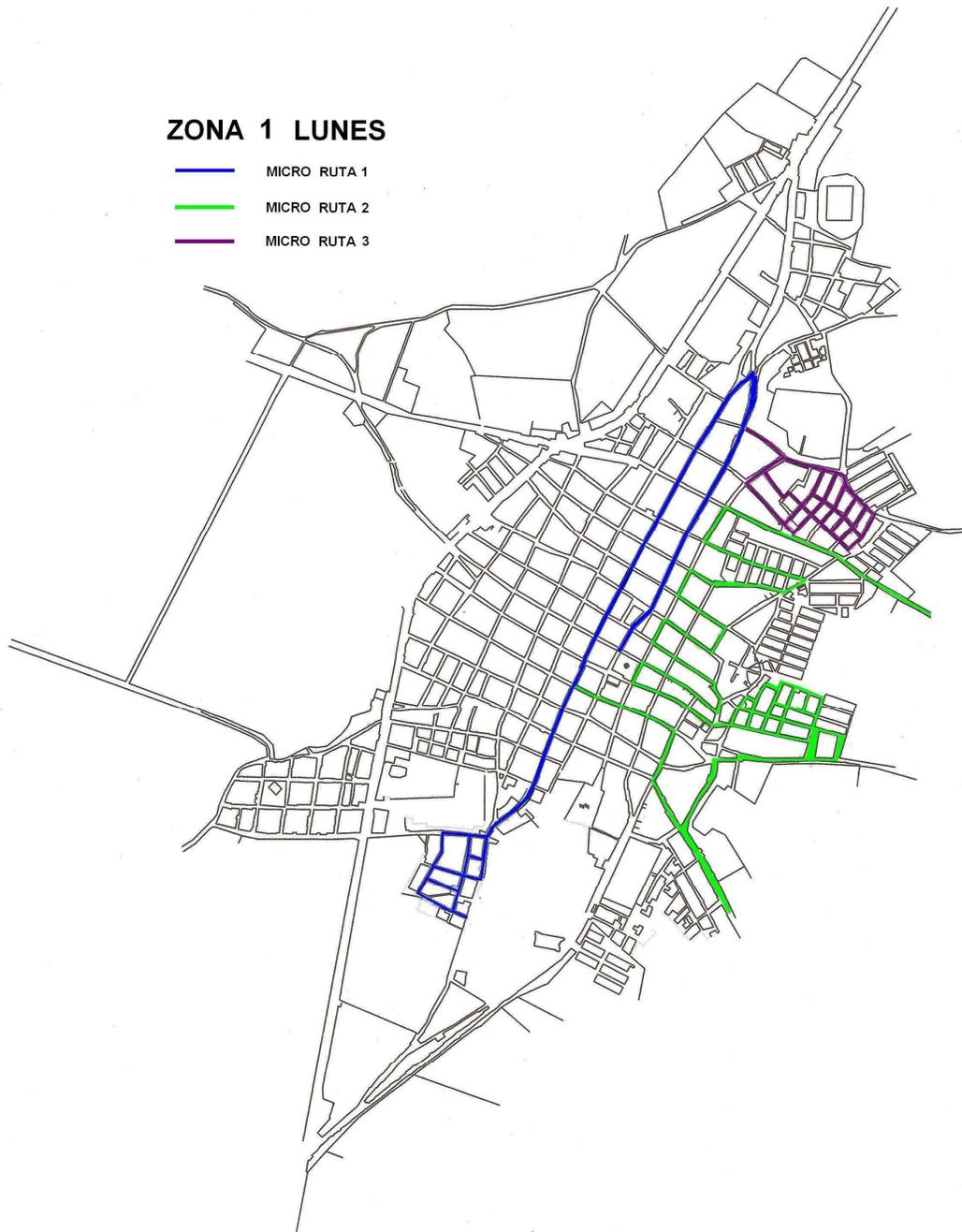
BIBLIOGRAFÍA

1. COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 99 de 1993; Santafé de Bogotá; 1993.
2. Ministerio de desarrollo económico. Reglamento de agua potable y saneamiento básico ambiental. Capítulo F, Uso de residuos sólidos aprovechables; 2000.
3. Corporación autónoma regional de los valles de los ríos Sinu y San Jorge. Plan de gestión integral de residuos sólidos de Chinú; 2005.
4. Municipio de Chinú. Plan de ordenamiento territorial de Chinú.
5. SEDESOL. Manual de técnicas administrativas para el servicio de limpia municipal. D. F. México. Editado por Ingeniería para el control de residuos Municipales e Industriales S.A. De C.V; 1999.
6. Jesús Racero Moreno, Edgar Pérez Arriaga. Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios. Valencia; 2006.

ANEXOS

ANEXO 1

MICRO RUTAS DE RECOLECCION EN CHINÚ PARA EL DIA LUNES



ANEXO 2

MICRO RUTAS DE RECOLECCION EN CHINÚ PARA EL DIA MIERCOLES



ANEXO 3

MICRO RUTAS DE RECOLECCION EN CHINÚ PARA EL DIA VIERNES

