UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de la Situación Actual y Planteamiento de una Propuesta en la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos del Municipio Sucre, Edo. Miranda.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: .....DIECIOCHO (18) PUNTOS.....

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma: Nombre: JOAQUÍN BENÍTEZ

Firma: Nombre: por: ERMINIO DiLodovico

Firma: Nombre: JOSÉ DIVASSÓN

REALIZADO POR — Rubén Hernández Duque, Mateo Cestari Hernández

PROFESOR GUIA — Erminio Di Lodovico

FECHA — Junio de 2013

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de la Situación Actual y Planteamiento de una Propuesta en la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos del Municipio Sucre, Edo. Miranda.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR Rubén Hernández Duque

Mateo Cestari Hernández

PROFESOR GUÍA Erminio Di Lodovico

FECHA Junio de 2013

ÍNDICE DE CONTENIDO

TOMO 1:

ÍNDICE DE TABLAS **VI**

ÍNDICE DE FIGURAS **VIII**

ÍNDICE DE GRÁFICAS **X**

SINOPSIS **XI**

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN **12**

1.1. Origen y fundamento 12

Un Problema Ambiental 12

Un Problema Social 12

1.2. Enfoque 13

1.3. Alcance y Limitaciones 15

1.4. Objetivos 16

1.4.1. Objetivo General 16

1.4.2. Objetivos Específicos 16

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO **17**

2.1. La Basura 17

Los Residuos Sólidos 17

Los Desechos Sólidos 18

2.2. Residuos Sólidos Urbanos (RSU) 18

2.3. Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) 19

2.4. Etapas de una GIRSU 20

2.4.1. Prevención de la Generación de Residuos 21

2.4.2. Acondicionamiento y Acopio de los RSU 21

2.4.3. Recolección de los RSU 22

Vehículos de Recolección 23

Rutas de Recolección 24

Modalidad de Recolección 24

2.4.4. Transferencia de los RSU 25

2.4.4.1. Tipos de Estaciones de Transferencia 26

Estación con Descarga Directa 26

Estación con Descarga Indirecta 27

2.4.4.2. Tecnologías utilizadas en las Estaciones de Transferencia 28

Estación con Patios y sin Compactación 28

Estación con Compactación Estacionaria dentro del Remolque 29

Estación con Patios y Pre-Compactación 30

Estación con Prensa Enfardadora de Residuos 31

Estación con Contenedores Intermodales 33

2.4.5. Procesamiento y/o Tratamientos de los RSU 33

Procesos Mecánicos 34

Procesos Térmicos 34

Procesos Biológicos 34

2.4.5.1. Reciclaje 35

2.4.5.2. Compostaje 35

2.4.5.3. Incineración de los RSU 36

2.4.5.4. Pirólisis en los RSU 37

2.4.5.5. Relleno Sanitario 37

2.4.6. Disposición Final 38

2.4.7. Educación Ambiental y Participación Ciudadana 39

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RSU DEL MUNICIPIO SUCRE. 40

3.1. Descripción de la Gestión Actual de Residuos Sólidos en el Municipio Sucre 40

3.2. Generación Actual de Residuos del Municipio Sucre 41

3.2.1. Composición de los RSU del Municipio Sucre 43

3.3. El Manejo de los RSU en el Municipio Sucre 44

3.3.1. Recolección de RSU en Sucre 44

3.3.1.1. Fallas en la Recolección de Residuos en el Municipio Sucre 47

3.3.1.2. Eficiencia en la Recolección en los Últimos Años 48

3.3.1.3. Costos del Servicio de Recolección 49

3.3.2. Estación de Transferencia "Julián Blanco" - Municipio Sucre 49

3.3.2.1. Operación en la Estación de Transferencia 50

3.3.2.2. Fallas en la Estación de Transferencia 52

3.3.3. Disposición Final de los Residuos del Municipio Sucre 55

"La Bonanza" 55

3.3.3.1. Fallas de la Disposición Final 56

3.3.4. Organismos e Instituciones Destacadas que Intervienen en la Gestión 57

Instituto Municipal Autónomo para la protección y Saneamiento Ambiental de Sucre (IMAPSAS) 57

Inversiones Sabenpe C.A. 57

Proactiva Medio Ambiente Venezuela 58

3.3.5. Reciclaje y Educación Ciudadana en el Municipio Sucre 58

Empresas Recicladoras en el Estado Miranda 59

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LAS OPCIONES VIABLES PARA LA CONFORMACIÓN DE LA PROPUESTA EN LA GIRSU DEL MUNICIPIO SUCRE 60

4.1. Medidas para el Mejoramiento Provisional de la ET "Julián Blanco" 60

4.2. Estimaciones Iniciales 62

4.3. Análisis Comparativo de Ventajas y Desventajas para cada Tecnología 67

4.3.1. Ventajas y Desventajas de cada Tecnología 68

4.3.1.1. Estación con Patios y Sin Compactación 68

Análisis Referente a la Estación con Patios y Sin Compactación en el Municipio Sucre 69

4.3.1.2. Estación con Patios y Compactación Hidráulica Estacionaria dentro del Remolque 69

Análisis Referente a la Estación con Patios y Compactación Hidráulica Estacionaria dentro del Remolque en el Mpio. Sucre 70

4.3.1.3. Estación con Patios y Pre-Compactación 71

Análisis Referente a la Estación con Patios y Pre-Compactación en el Municipio Sucre 71

4.3.1.4 Estación con Prensa Enfardadora 72

Análisis Referente a la Estación con Prensa Enfardadora en el Municipio Sucre 73

4.3.1.5. Estación con Contenedores Intermodales 73

Análisis Referente a la Estación con Contenedores Intermodales en el Municipio Sucre 74

4.3.1.6 Planta Recuperadora de Materiales (PRM) 74

Análisis Referente a la Planta Recuperadora de Materiales (PRM) en el Municipio Sucre 75

4.3.1.7 Planta de Compostaje 76

Análisis Referente a la Planta de Compostaje en el Mpio. Sucre 76

4.3.1.8 Planta Incineradora 77

Análisis Referente a la Planta de Incineradora en el Mpio. Sucre 78

4.4. Estudio Técnico-Económico 79

4.4.1. Notas del Estudio Técnico-Económico 80

4.4.2. Estudio Técnico Económico – Costos 84

4.4.3. Estudio Técnico Económico – Ganancias 84

4.4.4. Metodología del Estudio Técnico Económico – Costos 86

4.4.5. Metodología del Estudio Técnico Económico – Ganancias 93

4.5. Análisis de Resultados del Estudio Técnico Económico 96

CONCLUSIONES 104

RECOMENDACIONES 106

BIBLIOGRAFÍA 107

TOMO 2: ANEXOS 113

Apéndice A: Clasificaciones y Composición de los Residuos y Desechos 113

Apéndice B: Modalidades de Recolección de los RSU 117

Apéndice C: Modalidades de Transporte de RSU 120

Apéndice D: Instalaciones Básicas de una Estación de Transferencia 121

Apéndice E: Tipos de Tratamiento para los RSU 124

Apéndice F: Ejemplos de Plantas Incineradoras en el Mundo 147

Apéndice G: Crecimiento y Distribución de la Población del Estado Miranda 149

Apéndice H: Subsidio Requerido en la Gestión de RSU del Municipio Sucre 150

Apéndice I: Tablas Utilizadas para el estudio Técnico Económico 151

Apéndice J: Cálculo Complementario del Estudio De Ganancia para la Planta Incineradora 155

Apéndice K: Artículos 159

Apéndice L: Reportaje Fotográfico 188

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO III.

Tabla 1. Promedio Per Cápita de Generación de RSU por Parroquia para el año 2010 42

Tabla 2. Equipos Utilizados para el Manejo de los RSU (2012) 44

Tabla 3. Eficiencia en la Recolección Anual de RSU en el Municipio 48

Tabla 4. Empresas Recicladoras en Miranda (2012) 59

CAPÍTULO IV.

Tabla 5. Parámetros Fijos – Costos 84

Tabla 6. Estudio Técnico Económico – Costos 84

Tabla 7. Parámetros Fijos – Ganancias 84

Tabla 8. Resultados de las Ganancias para la Incineradora 84

Tabla 9. Resultado Final del Estudio Técnico-Económico 84

TOMO 2: ANEXOS

Apéndice E

Tabla 10. Productividad de los Empleados en una Planta Recuperadora de Materiales 129

Tabla 11. Eficiencias de Recuperación de Materiales para Diferentes Equipos de Separación 130

Tabla 12. Generación de Energía con Residuos y Plantas Energéticas de Combustible Fósil 142

Apéndice G

Tabla 13. Censos 1873-2011 149

Tabla 14. Distribución Espacial de la Población del Edo. Miranda a Nivel Municipal en Porcentaje 149

Apéndice H

Tabla 15. Costos y Auxilio Financiero del Servicio de Aseo Urbano para el año 2012 en Bs. – Municipio Sucre – Sabenpe 150

Tabla 16. Costo del Manejo de los Residuos Sólidos en algunos Países Latinoamericanos 150

Apéndice I

Tabla 17. Densidades Brutas Típicas de los RSU Mezclados 151

Tabla 18. Tarifas por Tonelada, Cobradas por "La Bonanza" durante el mes de Diciembre del 2012 152

Tabla 19. Complementaria 153

Apéndice J

Tabla 20. Estimación de la Generación de Electricidad en función de los RSU producidos por la Población para Cada Año 156

Tabla 21. Ganancia en USD por la Producción de Energía de la Planta Incineradora. 157

Tabla 22. Población Abastecida con Energía Eléctrica durante la Vida Útil de la Planta Incineradora 158

Apéndice K

Tabla 23. Condiciones de los Residuos 187

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I.

Figura 1. Patio de Transferencia. "Julián Blanco". 14

Figura 2. División Político-Territorial del Estado Miranda. 16

CAPÍTULO II.

Figura 3. Gestión Integral del Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos Ideal. 20

Figura 4. Transferencia Directa e Indirecta con Patios y Sin Compactación 27

Figura 5. Transferencia Indirecta con "Surge Pit" 28

Figura 6. Transferencia Indirecta con Patios y Sin Compactación 29

Figura 7. Estación con Compactación Estacionaria dentro del Remolque 29

Figuro 8. Detalle de la Compactación dentro del Remolque 30

Figura 9. Estación con Pre-Compactación 30

Figura 10. Sistema con Compactación en Silos 31

Figura 11. Estación con Prensa Enfardadora 32

Figura 12. Uso de Contenedores Intermodales 33

CAPÍTULO III.

Figura 13. Esquema de la Gestión de RSU en el Municipio Sucre 41

Figura 14. Vehículos Recolectores de RSU en el Municipio Sucre 45

Figura 15. Puntos de Acopio en la Actualidad del Municipio 47

Figura 16. Instalaciones y Equipos en Julián Blanco 50

Figura 17. Romana de Pesaje de RSU – "Julián Blanco" 50

Figura 18. Vertido de RSU en Patio de Descarga – "Julián Blanco" 51

Figura 19. Carga de RSU en Remolques de Transferencia 51

Figura 20. Recolectores Informales en el Patio de Descarga de "Julián Blanco" 52

Figura 21. "Disposición" Actual de Lixiviados en el Municipio Sucre 53

Figura 22. Problemas con Equipos No Operativos 53

Figura 23. Instalaciones del Relleno Sanitario "La Bonanza" 55

Figura 24. Segregadores Informales en la "La Bonanza" 56

CAPÍTULO IV.

Figura 25. Esquema Referencial del Estudio Técnico Económico – Costos 85

TOMO 2: ANEXOS

Apéndice D

Figura 26. Nivel Principal de un Edificio de Transferencia 123

Apéndice E

Figura 27. Esquema de Entrada y Salida de una Típica PRM Limpia 127

Figura 28. Diagrama de Proceso de una Planta de Compostaje Parcialmente Mecanizada 134

ÍNDICE DE GRÁFICAS

CAPÍTULO I.

Gráfica 1. Crecimiento Poblacional en el Planeta Tierra. 13

CAPÍTULO III.

Gráfica 2. Generación de RSU por Corriente en el Municipio Sucre 42

Gráfica 3. Comparación de la Composición de RSU del Mpio. Sucre entre *1998 y 2010* 43

Gráfica 4. Distribución de la Población en el Mpio. Sucre por Zona Residencial *(2010)* 46

Gráfica 5. Contabilización de RSU Entrantes y Salientes de "Julián Blanco" en el *2012* 54

CAPÍTULO IV.

Gráfica 6. Curva de Ocurrencia de los Residuos Recolectados Diarios para el año *2012* 63

Gráfica 7. Tendencia del Crecimiento Poblacional en el Estado Miranda. 64

Gráfica 8. Estimación de RSU Futuros en el Municipio Sucre 66

Gráfica 9. Variación de la Capacidad Volumétrica de los Remolques para la ET Sin Compactación 100

Gráfica 10. Sensibilidad de la Tasa de Interés Compuesto – E. T. E. 103

TOMO 2: ANEXOS

Apéndice E

Gráfica 11. Comparación de las Tasas de Reciclaje en Comunidades con Generación de Energía por Residuos contra las Tasas Nacionales de USA. 139

Gráfica 12. Tasas de Reciclaje: Comunidades con Generación de Energía con Residuos vs. Tasas de Reciclaje Estatal de EE.UU. 140

Apéndice I

Gráfica 13. Promedio de Precios para Relleno Sanitario e Incineración en Países de la Unión Europea 151

Apéndice J

Gráfica 14. Capacidades de Incineradoras Generadoras de Electricidad de EE.UU. 155

SINOPSIS

La producción creciente de basura en las últimas décadas, ha generado problemas cada vez mayores que, al igual que en todo el mundo, afectan a la sociedad venezolana, y la Gran Caracas es una simple muestra de esto. Particularmente en el municipio Sucre del Estado Miranda existen muchas dificultades para solucionar este asunto, por lo que primeramente, se busca adquirir conocimientos necesarios para comprender el tema desde su trasfondo teórico y experimental o práctico, para así crear una base que permita precisar cuáles son las fallas más notables del sistema de manejo de desechos, que "asaltan" al municipio en la actualidad y poder evaluar distintas opciones alternativas que puedan significar una salida eficaz para atacar estas fallas y solucionar o mitigar este problema. Existen varias tendencias y tecnologías en el mundo empleadas para aminorar esta problemática, unas buscan darle un rumbo más ecológico a los residuos, como el *reciclaje*, otras buscan disminuir la cantidad de desperdicios más fácilmente y aprovecharlos para conseguir otros beneficios, como las *plantas de incineración*, y otras, menos ambiciosas, buscan hacer el proceso de manejo y disposición de los desechos un poco más eficiente y cómodo para la sociedad, como las tecnologías de compactación. La idea es entonces, poder descubrir cuál de estas tendencias es más adecuada ante la situación particular del municipio, comparándolas entre sí y evaluando sus panoramas positivos y negativos, para que forme parte de una propuesta. Nuestra intención es colaborar con la gestión y así mejorar los factores sociales, sanitarios y ambientales vinculados a este tema, tomando en cuenta también el factor económico y su estudio pertinente, pero sin pasar por alto que estos factores tienen importancia relativa para cada quien, por lo que la voluntad política influirá concluyentemente en la decisión final.

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

El ser humano, a medida que ha logrado mejorar su calidad de vida, ha ido afectando su entorno de forma cada vez más pronunciada, y uno de los aspectos negativos asociados a esta "evolución" de la sociedad es la descontrolada y ascendente generación de *basura,* debido a la tendencia en el aumento de producción, consumo y de crecimiento poblacional. A raíz de este patrón inherente en el estilo de vida actual, brota un problema que ha pasado desapercibido ante los ojos de la sociedad, generando consecuencias a pequeña y gran escala.

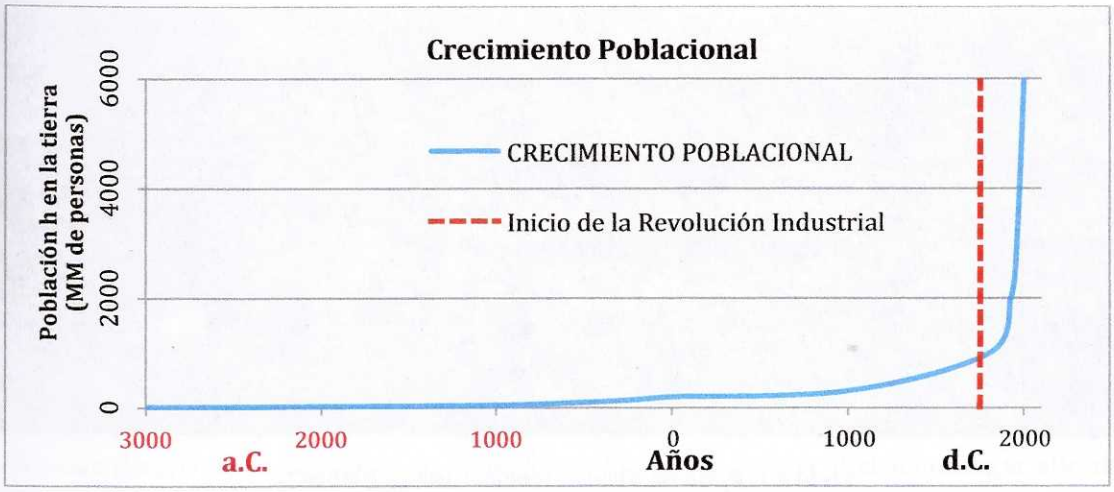
1.1. Origen y fundamento

Un Problema Ambiental

La Revolución Industrial fue el punto de inflexión que mediante una transformación en los procesos de producción de bienes, trajo consigo un vuelco en la cantidad de basura que generaría la especie humana en los tiempos actuales (ver Gráfica 1) y, peor aún, con participación creciente de materiales no degradables y tóxicos. Esto contribuiría con los efectos negativos experimentados, en todo el planeta, en las últimas décadas, que se manifiestan como desequilibrios ambientales, reflejados tanto a nivel mundial (calentamiento global, deterioro de la capa de ozono, la contaminación de suelos y aguas, entre otros), como a pequeña escala (incendios, deterioro del paisaje, contaminación de quebradas, alteración del entorno por la proliferación de plagas, entre otros).

Un Problema Social

El principal problema social que genera la basura es de orden sanitario, ya que ésta puede provocar la proliferación de plagas que transmiten enfermedades, generar olores nauseabundos y contaminar aguas subterráneas y materiales de consumo que terminan poniendo en riesgo el bienestar de la comunidad, atacando así a la salud pública; además de los problemas estéticos, de incomodidad social y de inestabilidad en los sistemas viales e infraestructurales (como eléctricos, conducción de aguas, entre otros).



Gráfica 1. Crecimiento Poblacional en el Planeta Tierra.
Fuente: Letcher y Vallero, 2011 – Elaboración propia

1.2. Enfoque

En Venezuela, existe un destacado consenso en que la basura es el problema sanitario que más *se cruza* con la realidad venezolana, ya que tiene incidencia directa e indirecta en la población de comunidades tanto rurales como urbanas y de cualquier estrato socio económico, pero de manera más marcada en las clases populares. Parte del problema que ocasiona la basura, se debe a que la infraestructura y las medidas necesarias para darle un manejo adecuado, no han venido desarrollándose en paralelo al crecimiento poblacional del país. Aunado a ello, hay una falta de concientización ambiental en el venezolano, que agranda aún más el problema.

Por otro lado, una de las zonas urbanas con más generación de basura y mayor concentración poblacional es la capital del país y sus alrededores. Los entes encargados del manejo de los *desechos sólidos* de la Gran Caracas, han venido solventando, a duras penas, las diferentes situaciones de contingencia que se han presentado o pueden presentarse con respecto al aseo de la ciudad, pero se ha manifestado que de todos los municipios involucrados, surge una especial atención en la situación que se mantiene en los terrenos de *Filas de Mariche, municipio Sucre*.

Figura 1. Patio de Transferencia. "Julián Blanco".
Fuente: Elaboración propia.

Tanto el *problema ambiental* como el *problema social* ya expuestos, se evidencian de forma alarmante en el municipio Sucre, Estado Miranda, donde la capacidad de manejo de desechos se ha visto mermada ante la inmensa generación que debe enfrentar a diario, además de otros factores que dificultan la labor, como la falta de conciencia en el ciudadano, los grandes sectores desurbanizados junto con las características topográficas y demográficas del municipio, entre otros. Esta situación empeorará a menos que se tomen medidas inmediatas, lo que despierta una inquietud por reaccionar urgentemente para mitigar los daños actuales y en el futuro.

El reto de este trabajo está entonces en contribuir a la solución de este gran conflicto, aplicando las nociones y facultades adquiridas como estudiantes de Ingeniería Civil, atacando al punto crítico del manejo de la basura, mediante la realización de estudios y análisis de las distintas tecnologías de Transferencia y/o Tratamiento de *Residuos Sólidos Urbanos (RSU)*, estableciendo una herramienta para la toma de decisiones que permita mejorar la eficiencia de la gestión en el municipio Sucre, en base a criterios técnicos, económicos, sociales y de *ingeniería sanitaria y ambiental,* tomando en cuenta la situación que vive actualmente el municipio.

Adicionalmente, se cree que la zona en estudio puede representar fielmente las condiciones que se presentan a nivel nacional en sectores urbanos, por lo que podría servir como marco de referencia para futuras investigaciones en cuanto a la gestión integral de residuos sólidos urbanos en el resto del país.

1.3. Alcance y Limitaciones

Este trabajo cuenta con investigación teórica y de campo además de estudios comparativos y técnico económicos, los cuales están dirigidos, principalmente, a evaluar las deficiencias dentro de la *Estación de Transferencia (ET)* y buscar una tecnología alternativa que optimice su funcionamiento, ya que, para la gestión del municipio, éste es el eslabón que presenta la mayor cantidad de carencias e inconvenientes, además de ser el que conecta todos los componentes de la gestión, por lo tanto, será donde se podrá experimentar una mejora sustancial. Dicho estudio no está dirigido a la optimización de los sistemas de recolección ni disposición final propiamente, pero sí se toman en cuenta en la evaluación, por ser elementos que no se pueden desligar a la transferencia de los residuos sólidos.

Se debe tomar en cuenta que la ausencia de información sobre tecnologías vanguardistas de transferencia y tratamientos de RSU en Venezuela, complica el desarrollo teórico del trabajo. Asimismo, la carencia de datos de laboratorio sobre las características físicas y químicas de la basura, en el país, dificulta el desarrollo metodológico del estudio, obligando a la búsqueda de información en fuentes internacionales, que limitan la aplicabilidad de los datos, causando incertidumbre en la exactitud de los resultados. Por otro lado, este estudio no contará con la comprobación experimental de dichos resultados debido a la imposibilidad económica que implica su aplicación.

Esta herramienta será provechosa o no, en función de la voluntad política y disposición económica de los organismos pertinentes.

El siguiente mapa se expone como guía, para la ubicación del municipio Sucre.

Figura 2. División Político-Territorial del Estado Miranda.
Fuente: http://elrepublicanoliberal.blogspot.com/2012_11_22_archive.html

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Plantear una propuesta dentro de la gestión integral del manejo de residuos sólidos urbanos para el Municipio Sucre. – Edo. Miranda.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar las fallas en la gestión actual de manejo de residuos sólidos urbanos del municipio Sucre.
- Estudiar los componentes de la estación de transferencia "Julián Blanco" e identificar sus problemas y efectos negativos dentro de la gestión.
- Comparar las distintas opciones que se pueden aplicar o adaptar para mejorar el proceso de transferencia y tratamiento de los RSU en el Municipio Sucre.
- Evaluar la factibilidad técnico económica de las opciones más convenientes para la situación actual, relacionadas al proceso de transferencia y tratamiento de los RSU en el Municipio Sucre.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

A continuación se hace una exposición, definición y planteamiento de los distintos términos, sistemas, tendencias y procesos involucrados, referentes al tema tratado, con el fin de crear una base teórica cuyo objetivo es introducir al lector en la nomenclatura, terminología y conocimientos necesarios para entender el siguiente Trabajo Especial de Grado (T.E.G.). Para mayor comprensión del aspecto teórico se recomienda la lectura de los apéndices A, B, C, D y E de los Anexos. Para las definiciones siguientes, se hace uso de las referencias [2], [5] y [26].

Lo primero que se debe tener claro es cual es el problema que se va a trabajar, y dicho problema comienza con la generación de lo que comúnmente denominamos *basura*.

2.1. La Basura

La Basura se puede definir como el producto que se obtiene al realizar distintas actividades humanas, es lo que queda o sobra luego de dichas actividades, y que tiene un valor igual a cero para el que la genera o que el valor del producto es menor al valor que representa deshacerse de él de manera inmediata. Es una mezcla de dos componentes fundamentales: los residuos sólidos y los desechos sólidos.

Existe una diferencia fundamental entre estos dos elementos, la cual se basa en la capacidad, o no, que tienen de reincorporarse a los procesos productivos de la comunidad.

Un residuo está definido según el estado físico en que se encuentre: Sólidos, líquidos y gaseosos. A continuación sólo se tocarán y definirán los términos referidos a Residuos y Desechos Sólidos.

Los residuos sólidos son aquellos que, con la tecnología adecuada, pueden ser reintegrados al sistema de producción y consumo de las comunidades humanas. Bien sea como un subproducto o mediante la reutilización de su materia prima.

Los desechos sólidos son los que no tienen dicha capacidad de ser reincorporados al sistema y que deben ser dispuestos de manera adecuada como tales.

Los residuos y desechos tienen distintas formas de clasificación, que dependen de su origen, composición, peligrosidad, entre otros. Ver Anexos, apéndice A.

2.2. Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Ahora bien, los residuos y desechos sólidos que nos interesan, son los "*urbanos*", pero como los conceptos de residuo y de desecho difieren debido a su destino final, y partiendo del hecho de que actualmente existen desarrollos tecnológicos que permiten que la basura sea aprovechada nuevamente, se hará referencia especialmente a Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

Residuos Sólidos Urbanos (RSU), son todos aquellos que están generados en asentamientos urbanos como los domicilios particulares, los comercios, las oficinas y los servicios, así como los que no tienen la consideración de peligrosos y que por su naturaleza o composición pueden asimilarse a los que se producen en dichos lugares o actividades. Tienen también la consideración de Residuos Urbanos los procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos, los muebles, los utensilios y vehículos abandonados, los residuos y los escombros procedentes de obras menores y reparación domiciliaria. Se debe tomar en cuenta que la generación de RSU varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población (Casas, 2005).

Sabiendo que los RSU son generados por las distintas actividades humanas que se originan en las distintas urbes, existe un abanico de componentes que los conforman, el cual, cada día es más extenso (papel y cartón, plástico, materia orgánica, vidrio, entre otros). Ver apéndice A, de los Anexos.

2.3. Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU)

De una u otra forma, todos producimos residuos sólidos, los cuales generan problemas principalmente ambientales y sanitarios, para lo que debemos buscar acciones que los solucionen. Por otro lado, los RSU causan impactos económicos importantes asociados a los costos de su recolección, transporte, tratamiento, y disposición adecuada principalmente. Pero no se puede permitir que el efecto negativo que causan los RSU en el medio ambiente se haga persistente. Tomando en cuenta todos estos factores, se necesita de la implementación y montaje de un sistema de acciones ambientales planificadas, que comprendan desde la misma generación del residuo, hasta su disposición final adecuada.

En este sentido, una *Gestión Integral de los RSU* se define como el conjunto enlazado de acciones normativas, operacionales, financieras y de planeamiento, que se aplican a todas las etapas del manejo de los residuos sólidos urbanos, basándose en criterios sanitarios, ambientales y de viabilidad técnica y económica para recolección, tratamiento y disposición final.

Según la Ley de Gestión Integral de la Basura Decretada en Gaceta oficial por la Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela el 30 de Diciembre de 2010, en Venezuela, el ente principal encargado de llevar a cabo la gestión de los RSU es el Poder Ejecutivo Municipal, en conjunto con el Poder ejecutivo Estadal y bajo las políticas, planes, normas y criterios establecidos por el Poder Ejecutivo Nacional.

Gestionar los RSU de manera integral implica toda una logística administrativa, gerencial y de puesta en marcha, que busca limpiar un municipio con un sistema adecuado de recolección y transporte, utilizando las tecnologías compatibles a la realidad local para procesar los residuos, dándole el mayor aprovechamiento posible, tratamiento apropiado y un destino final sanitario y ambientalmente seguro, tanto en el presente, como en el futuro, bajo el marco legal pertinente.

Debido a la diversidad de necesidades que existe en cada país, tomando en cuenta los recursos con los que este disponga, existirán infinitas opciones de gestión para administrar los residuos, con distintos enfoques, etapas y complejidades.

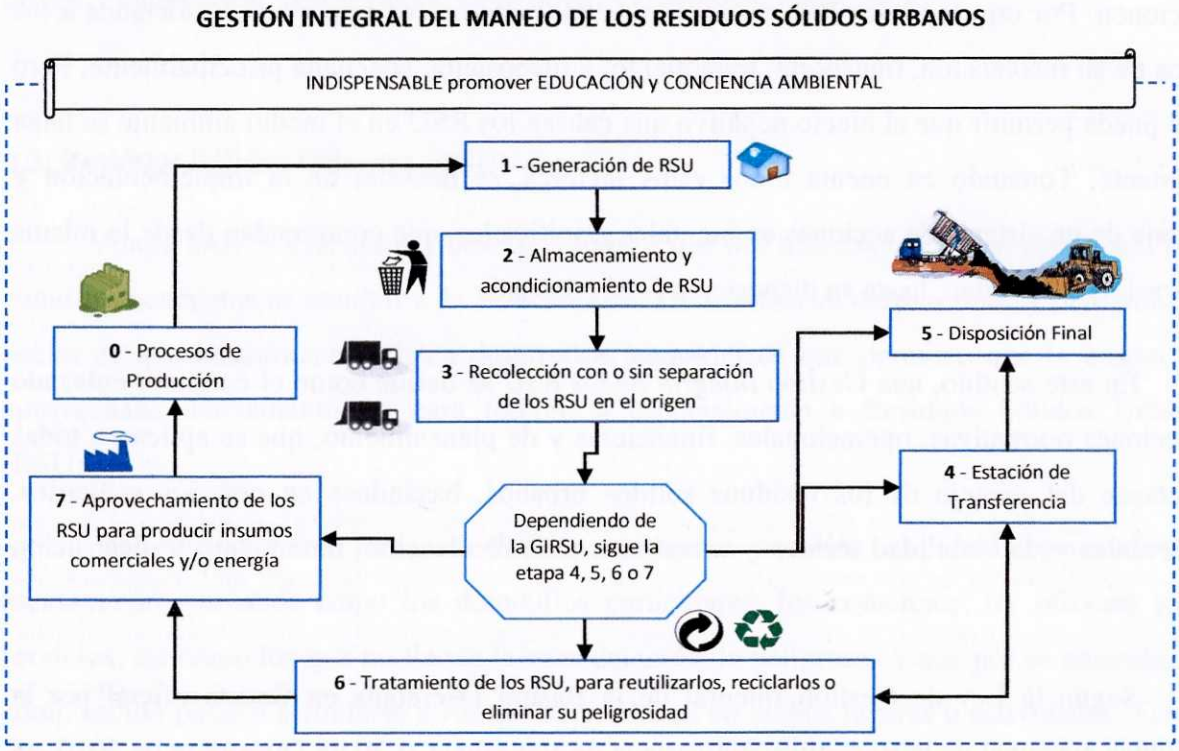


Figura 3. Gestión Integral del Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos Ideal.
Fuente: Elaboración propia

2.4. Etapas de una GIRSU

Teniendo en cuenta esta diversidad de opciones que se pueden presentar, como la que se muestra en la figura 3, a continuación se mencionan una serie de *etapas* que conforman o pudieran conformar una gestión integral de RSU:

2.4.1. Prevención de la Generación de Residuos.

Llamada también, reducción en la fuente, implica el conjunto de acciones que se realizan para que exista una reducción de residuos por el hecho de no haberlos producido desde un principio.

Aquí entra el fenómeno del Eco marketing o Marketing ecológico, el cual se basa en buscar simultáneamente, la satisfacción de las necesidades del consumidor, maximizar los beneficios de la empresa involucrada y minimizar los impactos negativos sobre el ambiente. Por otro lado también está el Consumidor Verde que es aquel que manifiesta su preocupación ambiental en su comportamiento de compra y consumo, escogiendo productos cuyo impacto sobre el ambiente sea menor.

Estos dos conceptos permiten la inclusión de acciones como las compras durables, la búsqueda de productos y empaques que estén libres de sustancias tóxicas, el cambio de productos desechables por reutilizables, la fabricación de alimentos de larga duración. En conjunto con acciones más complejas, como rediseñar un producto para que use menos material crudo o que tenga una vida útil mayor. La prevención de la generación de los residuos se vuelve así, competencia y responsabilidad tanto de las empresas y organismos fabricantes de productos como de los ciudadanos consumidores. Y su aporte radica sobre todo, en conservar los recursos, proteger el ambiente, y prevenir la formación de gases invernaderos (U.S. EPA, 2002.b).

2.4.2. Acondicionamiento y Acopio de los RSU

De acuerdo con Leite y Penido (2006), acondicionar residuos sólidos significa prepararlos y almacenarlos temporalmente para la recolección de forma sanitariamente adecuada, según la composición y la cantidad de residuos generados y los cuales deben ser colocados en recipientes o bolsas plásticas. Lo ideal es que estos sean separados en orgánicos,

reciclables (vidrio, metal, etc.) y no reciclables en el sitio de origen. Esta etapa es importante ya que dependiendo de la complejidad del acondicionamiento se aumentará la eficiencia y la calidad de la recolección, transporte y tratamiento de los RSU. Además de evitar en lo posible accidentes, proliferación de vectores, minimizar impactos negativos visuales y olfativos, reducir la heterogeneidad de los residuos (en caso de haber recolección selectiva) y facilitar el trabajo de la recolección. La participación de la población tendrá una trascendencia decisiva en esta operación.

Desde el punto de vista del residente, la recolección mezclada de todos los tipos de residuos sólidos probablemente representa el método más cómodo, en términos tanto de tiempo como de espacio. Sin embargo, este método de recolección limitará las opciones de tratamiento subsecuentes. La mayoría de los métodos de tratamiento de los RSU requieren de alguna forma de separación de los residuos en la fuente, antes de su recolección. Este es el paso más importante en la implementación de una GIRSU porque permite darle valor agregado a los residuos. El grado de separación en la fuente que se alcanza en cualquier esquema dependerá tanto de los requerimientos, de la habilidad y también, especialmente, de la motivación de los residentes

2.4.3. Recolección de los RSU

La Recolección de los RSU se entiende como la recogida de los residuos acondicionados por el generador para llevarlos, por un medio de transporte adecuado, hasta una estación de transferencia, una unidad de tratamiento o al lugar de disposición final (Leite y Penido, 2006).

En la ejecución de estos servicios, la municipalidad puede hacer uso de recursos propios, contratar empresas concesionarias o contrato de tercerización, también emplear sistemas mixtos, como el arrendamiento de vehículos y mano de obra municipal.

La recolección de residuos domiciliarios debe tener lugar regularmente, en cada inmueble, siempre los mismos días de la semana y a la misma hora, con el fin de crear costumbre en la gente y hacer más fácil y eficiente todo el proceso de recolección sin que se generen molestias en la comunidad. Si se cumple esto, la población colaborará acondicionando y ubicando apropiadamente la basura el día y a la hora señalada.

Es recomendable que el lapso de tiempo entre la generación de los residuos domiciliarios y su tratamiento o disposición final no sea mayor a cuatro días, con el fin de evitar o minimizar el mal olor y proliferación de moscas, roedores, y otros animales. Por lo que la frecuencia mínima de recolección recomendable es de tres veces por semana, donde, si se ejecuta en dos turnos (diurno y nocturno) se podrán reducir costos y optimizar el uso de vehículos recolectores.

Los métodos, el tipo de vehículo y equipos a ser usados en la recolección dependen fundamentalmente de la naturaleza de cada operación de limpieza en particular, de la accesibilidad a la zona (dificultades topográficas) y del tipo y la forma de acondicionamiento de los residuos generados.

Dentro de la recolección de residuos, tenemos el barrido de calles, que no es más que la limpieza manual o automatizada de residuos, como hojas de árboles, envolturas de alimentos, arena, tierra y demás objetos que se encuentren dispuestos en las aceras de avenidas principales, calles transversales, urbanizaciones y zonas industriales del área conforme.

Vehículos de Recolección

Existen varios tipos de vehículos especiales de recolección y transporte de los residuos domiciliarios:

- Recolectores sin compactación de caja cerrada
- Recolectores compactadores – de carga trasera o lateral

- Camiones porta contenedores para cajas estacionarias, para cajas basculantes (roll-on/roll-off) o con grúa multifunción para manejo de cajas.
- Recolector de compactadores estacionarios (cajas compactadoras)
- Camiones de recolección bicompartida.

También se usan camiones recolectores tipo "volquete tradicional" (corto o largo), pala cargadora, entre otros equipos alternativos.

Rutas de Recolección

El diseño de las rutas de recolección depende de múltiples variables asociadas a la realidad de cada municipio: la cantidad de vehículos disponibles, su capacidad, la extensión del municipio, la generación de basura total y su variabilidad en los distintos sectores del municipio, la diferencia en la composición de la basura dependiendo de la zona u origen de generación, entre otras, además de la codependencia entre las rutas y la frecuencia de recolección.

Modalidad de Recolección de RSU

Generalmente los métodos de recolección se dividen en dos esquemas complementarios: recolección "puerta a puerta" y recolección por "acopio". La diferencia fundamental consiste en que; en los sistemas de acopio, los residentes transportan sus materiales desde el hogar hasta el punto de acopio, mientras que en los sistemas de recolección puerta a puerta, los residuos son recolectados en las afueras de la vivienda. Es necesario señalar que existe una recolección especial para ciertos residuos sólidos cuyas características particulares impiden su recolección y transporte de forma regular. Estas modalidades de recolección se tratan con un mayor desarrollo en el apéndice B, de los Anexos.

2.4.4. Trasferencia de los Residuos Sólidos Urbanos

En las grandes y medianas ciudades que experimentan una acentuada expansión urbana, se evidencia la oposición de los ciudadanos a la intensión de emprender proyectos vinculados con la disposición final de residuos sólidos cerca de sus residencias, de modo que las unidades de destino final están siendo implementadas cada vez más lejos de los centros de generación masiva de residuos. Este distanciamiento entre los sitios de recolección y el punto de disposición final se vuelve antieconómico y menos eficiente si los residuos son trasladados directamente con los camiones de recolección en distancias muy grandes; y esto se hace más apreciable, cuando la flota es mayor. Por lo que el uso de estaciones de transferencia o trasbordo se ha constituido en una alternativa económica para áreas urbanas donde se generan grandes cantidades de residuos y en donde las distancias a los centros de procesamientos de residuos son muy largas.

Las estaciones de transferencia son unidades instaladas cerca de la generación masiva de residuos para que los camiones recolectores llenos, descarguen y regresen rápidamente a continuar su ruta de recolección. Los residuos descargados en ella son transportados al lugar de tratamiento o disposición final por vehículos de mayor capacidad y de costo unitario de transporte más bajo. Es necesario acotar que la transferencia de los residuos puede hacerse en tres modalidades automotor, ferroviario y marítimo (ver Anexos, apéndice C).

Hay que tomar en cuenta que si en la gestión existen instalaciones de tratamiento de RSU que estén incorporadas muy lejos del sector de recolección, se podrá hacer uso igualmente de la estación de transferencia como punto de escala antes de hacer llegar los residuos al punto de tratamiento.

La Administración de la estación de transferencia puede, o no, estar vinculada directamente con la administración encargada de la recolección de los RSU. Si ambos organismos no están bajo la misma administración, deben existir acuerdos económicos donde

la estación preste sus servicios de acopio y transferencia a cambio de ciertas tarifas que le suele cobrar a los vehículos recolectores que llegan a descargar sus residuos.

2.4.4.1. Tipos de Estaciones de Transferencia

Han surgido diferentes maneras de manejar los residuos desde el momento en el que son descargados hasta que salen de la estación, la selección de estos métodos de operación y manejo es fundamental para cualquier diseño de una estación de transferencia. Estos métodos han ido evolucionando y mejorando según las necesidades y experiencias de los diferentes países del mundo.

En algunas estaciones de transferencia pueden llegar vehículos recolectores con los residuos previamente separados en subproductos reciclables de vidrio, plástico, metales, materia orgánica y papel y cartón para depositarlos en diferentes contenedores, pudiendo facilitar distintas tareas dentro de la estación y si es el caso, disminuyendo su tarifa por la descarga. Esto cobraría sentido si la estación cuenta con las instalaciones, equipos, logística y tecnologías para manejar los RSU de forma separada y darle el destino o tratamiento apropiado.

Estación con Descarga Directa

Este tipo de estación de transferencia con sistema de descarga directa tiene un desnivel entre las plataformas de descarga y carga que facilita el trasbordo de los residuos sólidos de los vehículos recolectores mediante vaciado por gravedad a un tráiler con techo descubierto, para posteriormente colocarle una lona que cubre los residuos para que no se dispersen en el traslado hacia el sitio de disposición final. Su flexibilidad lo hace una opción muy utilizada para bajos volúmenes de operación (U.S. EPA, 2002.a).

Estas estaciones tienen la característica de no almacenar los desechos, esto exige que siempre haya un vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos de los

recolectores. La falta de equipamiento pudiera producir colas de camiones recolectores en la estación en las horas pico, así como una mayor demanda de vehículos de transferencia, por lo que se hace imprescindible para este caso, que la estación cuente con un lugar apropiado para el amontonamiento o acopio temporal de los residuos a fin de compensar los picos de vaciado. Sin embargo, tienen la ventaja de que consta con una infraestructura simple y con bajo costo de inversión inicial.

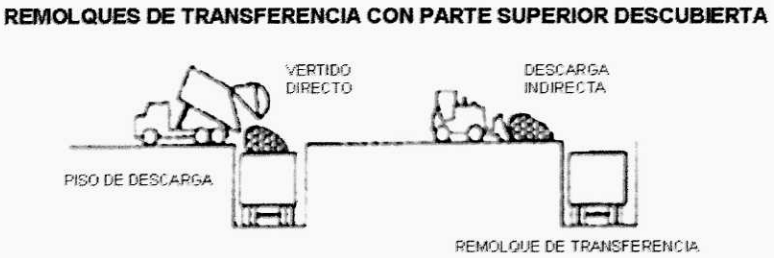


Figura 4. Transferencia Directa e Indirecta con Patios y Sin Compactación
Fuente: Adaptado de U.S. EPA (2002.a)

Estación con Descarga Indirecta

La descarga en estas estaciones, se realiza sobre un patio, fosa de almacenamiento, o sobre una plataforma, donde posteriormente los residuos son cargados en los vehículos de transferencia por medio de payloaders, grúas de almeja, excavadoras (jumbos), tractores de hoja topadora (buldózers), o con otras tecnologías automatizadas. En este tipo de instalación, los vehículos recolectores no tienen que esperar a los de transferencias para descargar los residuos, ya que pueden hacerlo en la zona de acopio, evitando el tráfico de los vehículos recolectores y mejorando la productividad de estas unidades.

El acopio de los residuos, además de absorber los picos de vaciado, hace posible que la operación del sistema requiera menos vehículos de transferencia.

Caso Especial de la Descarga Indirecta - Estaciones con "Surge Pit"

Es un pozo generalmente de concreto que recibe los residuos del patio de vertido. Los pozos amortiguadores (surge pits) proporcionan más espacio para el almacenamiento temporal en las horas pico y permiten la compactación adicional de los residuos antes de cargar los vehículos de transferencia. Buldózers y payloaders de oruga pueden ser usados para manejar y compactar los residuos antes de cargarlos en el vehículo de transferencia. Esta tecnología podría impedir la recuperación de materiales y esfuerzos de cribado en los residuos.

Figura 5. Transferencia Indirecta con "Surge Pit"
Fuente: Adaptado de U.S. EPA (2002.a)

2.4.4.2. Tecnologías Utilizadas en las Estaciones de Transferencia

Estación con Patios y Sin Compactación

Estas estaciones cuentan con patios pavimentados, cubiertos y con los costados cerrados, con el propósito de evitar la exposición de los residuos y mejorar la estética de las instalaciones. Los residuos pueden ser descargados directamente por la parte superior de un remolque, pero es más común descargar en el piso de vertido para permitir la recuperación de materiales e inspección de residuos antes de ser colocados en el remolque. La carga de los residuos en los vehículos de transferencia puede hacerse usando excavadoras hidráulicas o palas cargadoras (esta es una tecnología simple que no se basa en equipos sofisticados). En

este modelo tanto la descarga de los camiones recolectores cómo la carga de los vehículos de transferencia es muy rápida, y puede ser empleado en estaciones de transferencia de pequeña y gran envergadura. La masa específica de los residuos que carga el camión de transferencia es relativamente baja debido a la falta de compactación.

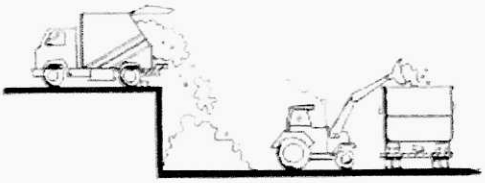


Figura 6. Transferencia Indirecta con Patios y Sin Compactación
Fuente: Leite y Penido (2006)

Estación con Compactación Estacionaria dentro del Remolque

El modelo tradicional cuenta con un silo de acopio y un desnivel entre las plataformas de carga y descarga. Un compactador hidráulico usa un pistón hidráulico para compactar los residuos en un remolque de transferencia. El remolque debe estar diseñado para resistir la fuerza de compactación, usualmente se hacen de acero de refuerzo. Por otro lado, el peso del remolque y del pistón abordo para descargar, reducen la carga útil disponible para residuos. Esta tecnología está declinando en popularidad. La masa específica es algo mayor que el caso anterior, en los vehículos de transferencia.

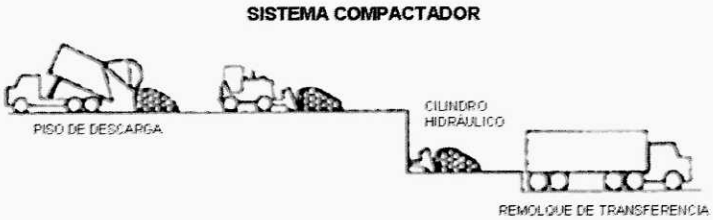


Figura 7. Estación con Compactación Estacionaria dentro del Remolque
Fuente: Adaptado de U.S. EPA (2002.a)

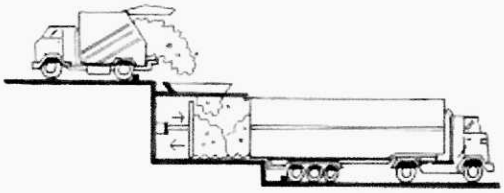


Figura 8. Detalle de la compactación dentro del Remolque
Fuente: Adaptado de Leite y Penido (2006)

Estación con Patios y Pre-Compactación

Un sistema de pre-compactación usa un pistón hidráulico en el interior de un cilindro para crear un tronco denso de residuos. El tronco de residuos es colocado en un remolque que usa la tecnología *walking floor* o un remolque tipo volqueta para descargar por gravedad en el relleno sanitario los residuos. La mayoría de los pre-compactadores instalados tienen más de dos unidades para el caso que una unidad requiera ser reparada. El costo es relativamente alto, más de USD 250.000 por unidad, pero la mayor carga útil puede compensar estos costos iniciales. Siendo el principal objetivo de esta estación, aumentar la masa específica de los residuos a fin de reducir el costo de traslado.

Figura 9. Estación con Pre-Compactación
Fuente: Adaptado de U.S. EPA (2002.a)

Dentro de la pre-compactación hidráulica se presenta un caso especial, en el cual existe un sistema que opera con silos, donde el camión recolector descarga por su parte superior.

Estos silos se encuentran posicionados de forma vertical y son especialmente diseñados para permitir su transporte en vehículos adaptados y, luego de terminada la descarga, el vehículo recolector se retira de la posición dejando el lugar para otro camión. La carga del silo es compactada mediante la aplicación de un sistema automático hidráulico computarizado. Al terminar el llenado y la compactación, con un peso de 25 a 27 toneladas, el silo es operado y puesto sobre el camión de transferencia por medio del camión de patio, para llevar los residuos al relleno sanitario. Este tipo de tecnología se encuentra en la comuna de Quilicura, Chile.

Figura 10. Sistema con Compactación en Silos
Fuente: Adaptado de Gerencia de prevención de riesgos MUTUAL DE SEGURIDAD C.CH.C. (2001)

Estación con Prensa Enfardadora de Residuos

Las prensas enfardadoras son unidades diseñadas para comprimir, amarrar y embalar los residuos recibidos desde una cinta de alimentación, en pacas independientes de muy alta densidad. Tirantes de alambre o plástico pueden ser usados para sujetar y mantener los paquetes intactos. Las pacas son fáciles de apilar, usualmente movidas por carretillas elevadoras (forklifts) y transportadas por remolques con plataforma. Este sistema puede usarse también para materiales reciclables, como papel, plástico o metal. La carga útil en los vehículos de transferencia es muy elevada, pero también lo son los costos de capital, cada

unidad cuesta más de USD 500.000, por lo que esta opción de alta tecnología normalmente suele ser usada sólo en operaciones de altos volúmenes, además de requerir equipamiento especial o adaptaciones en el relleno sanitario.

La instalación de este sistema puede incorporarse a instalaciones de tratamiento de residuos ya existentes para enfardar, ya sea, algún residuo clasificado o el remanente obtenido del proceso de clasificación. En el caso de que no exista ninguna planta de tratamiento de residuos, la instalación puede hacerse inicialmente, para enfardar los residuos brutos, y en una segunda fase, crear junto a ella una edificación de clasificación de tal modo, que se prensen y enfarden los residuos requeridos en el proceso.

Este sistema ofrece grandes ventajas, como la optimización del transporte de residuos; brinda una mayor vida útil del relleno sanitario debido a la mayor densidad de residuos y que se requiere menor cantidad de tierra de cobertura; disminuye la generación de lixiviados, la carga contaminante y la generación de gases y olores; reduce la presencia de aves, roedores y otros animales, así como la dispersión de residuos livianos por acción del viento; y mitigar el peligro y descontrol en la separación de residuos por parte de segregadores.

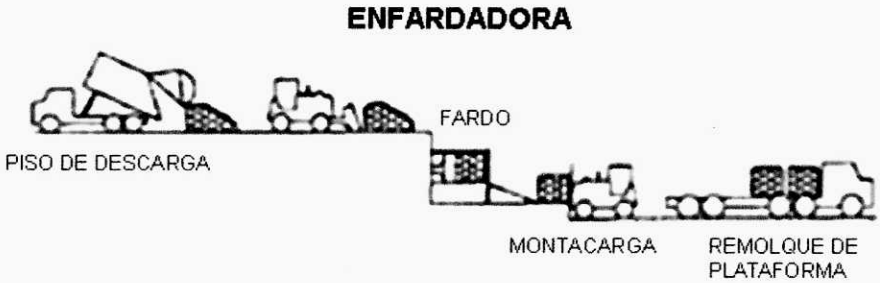


Figura 11. Estación con Prensa Enfardadora
Fuente: Adaptado de U.S. EPA (2002.a)

Estación con Contenedores Intermodales

En esta alternativa, los residuos vertidos en una estación de transferencia, luego son cargados en contenedores intermodales. Estos contenedores tienen típicamente características de control de humedad y olor, y son diseñados especialmente para ajustarse tanto a su transporte en remolque de plataforma como en ferrocarril con vagones de plataforma. Los contenedores pueden ser cargados directamente en vagones o transferidos por camión a un terminal de trenes. Los contenedores sellados pueden ser almacenados en un sitio por más de 24 horas hasta llenar los contendores lo suficiente para permitir el transporte económico hacia el relleno sanitario. Esta opción permite reducir el tráfico total de los camiones en carreteras locales y puede hacer la distancia al sitio de disposición, económicamente viable.

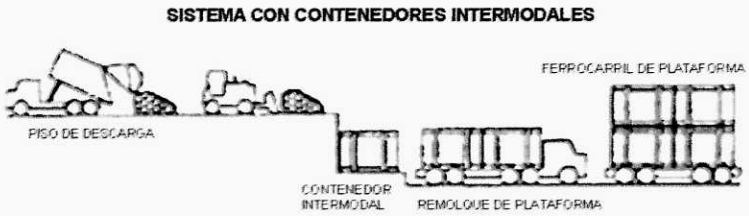


Figura 12. Uso de Contenedores Intermodales
Fuente: Adaptado de U.S. EPA (2002.a)

Se puede dar el caso de que dentro de una estación de transferencia se haga uso de más de un modelo de los antes mencionados. Con el fin de sumar las ventajas y cubrir las desventajas.

2.4.5. Procesamientos y/o Tratamientos de los RSU

Una vez recolectados los RSU y antes de su disposición final, pueden ser sometidos a procesos que provoquen beneficios técnico-operativos, económicos, sanitarios y ambientales. Estos procesos, o tratamientos de RSU, posibilitan la protección del hombre y del medio ambiente. La meta principal de estos tratamientos es reducir su cantidad y potencial contaminante, transformándolos en material inerte o biológicamente estable. Los procesos

aplicados a los residuos sólidos pueden ser de varios tipos, entre ellos están los mecánicos, térmicos o biológicos.

Procesos Mecánicos

1. ***Clasificación:*** en función del interés económico o como paso previo a un procesamiento posterior.
2. ***Trituración:*** reduce la granulometría y el volumen de los residuos, y los mezcla y homogeniza.
3. ***Compactación:*** reduce los espacios vacíos, densifica los residuos.

Procesos Térmicos

1. ***Incineración:*** combustión controlada, a altas temperaturas, en equipos especialmente diseñados y con dispositivos de control ambiental.
2. ***Pirólisis:*** degradación térmica de los residuos en ausencia total o parcial de oxígeno, a temperaturas inferiores a las de la incineración, produce líquidos y gases de alto contenido energético, y baja contaminación atmosférica.

Procesos Biológicos

1. ***Procesos Aeróbicos:*** (en presencia de oxígeno) Indicados para estabilización y compostaje. Sus productos principales son el agua, el dióxido de carbono y el calor.
2. ***Procesos Anaeróbicos*:** (en ausencia de oxígeno) Importantes en la producción de metano. La degradación de los residuos es más lenta que en procesos aeróbicos, genera ácidos grasos, acéticos y otros de bajo peso molecular, inclusive algunos gases tóxicos y malolientes, tal como el ácido sulfhídrico (H2S).

2.4.5.1. Reciclaje

El reciclaje es un proceso que entra dentro de los procesos mecánicos y que involucra la recolección, segregación, reprocesamiento, y/o recuperación directa o indirecta de ciertos materiales residuales (ejemplo, vidrio, metal, plástico, papel) para hacer nuevos materiales o productos (U.S. EPA, 2002.b). El reciclaje ideal comienza con programas de recogida selectiva desde el origen, donde algunos materiales son separados del flujo de residuos remanentes o no reciclables. Pero los mismos materiales pueden separarse también durante y/o después de la recolección; ejemplo: una Planta Recuperadora de Materiales (PRM).

Una instalación recuperadora de materiales es una construcción que recibe, clasifica, procesa y almacena los materiales reciclables para ser embarcados y comercializados a las industrias o interesados. Las instalaciones de las PRMs pueden ser de alta y baja tecnología, dependiendo de la sofisticación de la planta, el equipamiento empleado y el número de personal que trabaja en la operación del proceso. Hay básicamente dos tipos de PRMs: sucia y limpia. En estas instalaciones siempre habrá un elemento de rechazo de materiales que pasan a través de la planta que no pueden ser fácilmente reciclados y por lo tanto, irán típicamente a un relleno sanitario

Para conocer más detalles sobre el reciclaje dentro de una gestión integral de los residuos sólidos, se presenta una información más amplia en el apéndice E de los Anexos.

2.4.5.2. Compostaje

Otra forma de reciclar es el compostaje. El compostaje es el proceso natural de degradación biológica de materiales orgánicos, de origen animal y vegetal, por la acción de microorganismos. El compostaje puede ser aeróbico o anaeróbico, en función de la presencia o ausencia de oxígeno en el proceso. El producto final del proceso de compostaje aeróbico de

residuos orgánicos es el compost. El compost actúa como un fertilizante natural que proporciona nutrientes al suelo, incrementando los beneficios orgánicos del suelo, y suprimir ciertas enfermedades de las plantas, reduciendo así la necesidad de fertilizantes químicos y pesticidas en paisajismos y actividades agrícolas (U.S. EPA, 2002.b).

Un programa de compostaje tiene cinco componentes básicos: separación, recolección, tratamiento, distribución y utilización. La separación consiste en segregar residuos orgánicos (como restos de alimentos y papel), factibles de descomponerse biológicamente, vía a un proceso de compostaje, de otros residuos no compostables (Córdova y Rodríguez, 2006). Entre más cercana al origen de la generación se realice esta separación, más puros estarán los residuos y, consecuentemente, mayor será la calidad del compost terminado. Los residuos urbanos contienen naturalmente los microorganismos necesarios y en cantidad suficiente para la degradación de la materia orgánica (Leite y Penido, 2006). En el apéndice E de los Anexos, existe mayor información sobre el tema.

2.4.5.3. Incineración de los RSU

La incineración o combustión es un proceso de quema controlada de residuos en una instalación, en presencia de exceso de oxígeno, por medio del cual los materiales a base de carbono son descompuestos, desprendiendo calor y generando cenizas como residuo. La incineración busca reducir el volumen de los residuos, en algunos casos, generar electricidad y dejarlos absolutamente inertes en poco tiempo. La combustión es una opción de la GIRSU para los residuos que no puedan ser reciclados o para compostaje y algunas veces es seleccionado por comunidades donde el espacio del relleno sanitario es limitado (U.S. EPA, 2002.b). Mientras el proceso de combustión pueda generar emisiones de aire tóxicas, éstas pueden ser controladas por la instalación de equipos de control, tales como, depuradores de gas ácido y filtros de tela. También puede reducir la dependencia del carbón, uno de los combustibles fósiles que produce gases invernadero cuando es quemado. Además, las cenizas

residuales de la incineración representan alrededor del 10% del volumen y entre un 25 y 30 % del peso original de la basura (Rogoff y Screve, 2011).

En los Anexos, apéndice F, se encuentran ejemplos de plantas incineradoras en el mundo y en el apéndice E, se encuentra más información importante acerca de la incineración.

2.4.5.4. Pirólisis en los RSU

Esta es una de las tecnologías alternativas para el manejo de los RSU y que parece ofrecer prometedoras ventajas; pero en la actualidad, aún se encuentra en proceso de desarrollo tecnológico. De igual forma que los tratamientos o procesos anteriores, se anexa información en el apéndice E.

2.4.5.5. Relleno Sanitario

El Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) ha definido relleno sanitario como una "técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica al ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo."

Los rellenos sanitarios constituyen una alternativa basada en criterios ambientales de ingeniería y normas operacionales específicas que procura el confinamiento de basura (principalmente domiciliaria) bajo capas de materia inerte, generalmente tierra, y compactándola para reducir su volumen (ADAN, 1994). En un relleno sanitario se prevén sistemas para el tratamiento de lixiviados y gases producidos por la descomposición de la materia orgánica. En los Anexos, apéndice E, se encuentra mayor acerca de este tipo de tratamiento.

2.4.6. Disposición Final

La disposición final esencialmente involucra el almacenamiento a largo plazo de los materiales inertes, junto con la descomposición relativamente sin control de los residuos biodegradables.

El relleno sanitario sobresale por ser el único método de disposición de los residuos que puede manejar a todos los materiales incluidos en el flujo de los residuos sólidos. Otras opciones, tales como el tratamiento biológico o térmico, producen materiales residuales que requieren de disposición final. Como consecuencia, en cualquier sistema de gestión de residuos sólidos siempre existirá la necesidad de realizar disposición final. Se considera que el relleno sanitario es el método más simple, y en muchas áreas el más barato, de disposición de residuos, de manera que ha sido el método más utilizado históricamente. A medida que los precios del terreno y la presión ambiental se incrementan, se está volviendo más difícil encontrar sitios adecuados para la disposición final, de modo que esta situación está tendiendo a cambiar.

No todos los casos de disposición final implican literalmente el relleno de terrenos. En muchos países se lleva a acabo el relleno de minas agotadas y de arcilla, también, son comunes las estructuras que se desarrollan por encima del nivel del mar. En Japón la disposición se efectúa mediante "rellenos marinos", en donde los materiales se utilizan para construir islas artificiales en las bahías de Tokio y Osaka.

El concepto de utilizar rellenos como método de disposición final de los residuos puede cuestionarse. Al igual que las otras opciones de manejo de residuos, la disposición final es un proceso de tratamiento de residuos, más que un método de disposición final literalmente (Finnveden, 1995)

El objetivo de la disposición final es la disposición segura a largo plazo de los residuos sólidos, tanto en términos de salud humana como ambiental; de ahí el termino "relleno sanitario" que se utiliza a menudo.

2.4.7. Educación Ambiental y Participación Ciudadana

La educación y participación del público es un componente clave en la operación exitosa de un sistema de gestión de residuos regionales y programas de tratamiento o reciclaje/desvío de residuos. Ella implica un cambio de hábitos, de organización y de procesos de las personas o las instituciones. Pero nada parece ser más difícil que cambiar los modos de comportamiento de una sociedad cuando el modelo de desarrollo imperante está muy arraigado. La solución está en plantearse una revalorización de cambios de comportamiento, de actitud de la forma de vida, y esto se logra por medio de una efectiva campaña de difusión y capacitación dirigida a todos los participantes de la GIRSU; desde las personas en general, las instituciones públicas y privadas; hasta los trabajadores del servicio de recolección, transferencia, tratamiento y disposición final de los residuos. Los implicados deberían llegar a comprender que el cambio de comportamientos del individuo representa un beneficio social, ambiental y económico y comprometerse con ese cambio.

La educación ambiental desde cualquier perspectiva tiene la responsabilidad de contribuir a través de acciones concretas, a la promoción de una nueva ética centrada en la protección del medio ambiente. Concretamente, la educación ambiental no es la conservación o la gestión de los recursos naturales; tampoco es un programa exhaustivo y caro, o un curso especial que las personas deban hacer. Sólo debe ser considerada como un enfoque de las relaciones entre el hombre y su entorno (Gil Sanz, Guilabert M., Hernández P., Más Catalá, y Meseguer E., 2009).

Capítulo III. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RSU DEL MUNICIPIO SUCRE.

Antes de describir la situación en el Municipio Sucre, Edo. Miranda, es necesario indicar que la competencia en una gestión integral de RSU se trabaja en los tres niveles gubernamentales: nacional, estatal y municipal.

A nivel nacional la gestión se centra en la generación de políticas nacionales y legislación en materia de sanidad y ambiente. A nivel estatal se brinda apoyo técnico y financiero para la gestión a través de las gobernaciones. En el nivel municipal, las alcaldías son las responsables de dirigir y hacer cumplir el buen manejo de los residuos sólidos.

"La gestión del servicio de aseo urbano, rural y domiciliario" es competencia directa del Poder Ejecutivo del Municipio Sucre. Estando la Alcaldía de Sucre encargada de elaborar y ejecutar el plan de GIRSU, gestionar y aportar total o parcialmente los recursos financieros, prestar el servicio y regularlo mediante ordenanzas (incluyendo tarifas, tasas o cualquiera otra contraprestación). (Artículo 9. Poder Ejecutivo Municipal - Ley de gestión integral de la basura venezolana).

El Gobierno Municipal de Sucre, a través de IMAPSAS (Instituto Municipal Autónomo para la Protección y Saneamiento Ambiental de Sucre), se encarga de fiscalizar y coordinar la acción de recolección y transferencia de desechos sólidos en el ámbito domiciliario, comercial e industrial. Además de ejecutar proyectos y programas que permitan mejorar su gestión.

3.1. Descripción de la Gestión Actual de Residuos Sólidos en el Municipio Sucre

El manejo de los residuos sólidos en el municipio Sucre es un proceso que cuenta con sólo tres pasos básicos: recolección, transferencia y disposición final; pero no deja de ser bastante complejo, ya que debe vencer dificultades propias de la situación del municipio. El servicio de recolección y transferencia de desechos en el municipio Sucre del Estado Miranda

es ejecutado por la empresa Inversiones Sabenpe C.A. la cual cubre aproximadamente el 70% de la recolección dentro del municipio (el 30% restante lo cubre la Alcaldía de Sucre) y en cuanto a la transferencia, se encarga del 100%. Asimismo se suelen subcontratar a terceros que cubran parcialmente el servicio de recolección dentro del municipio, para contrarrestar las fallas que presenta Sabenpe. La concesión que tiene Sabenpe para ofrecer el servicio en el manejo de los RSU se vence en diciembre del año 2013.

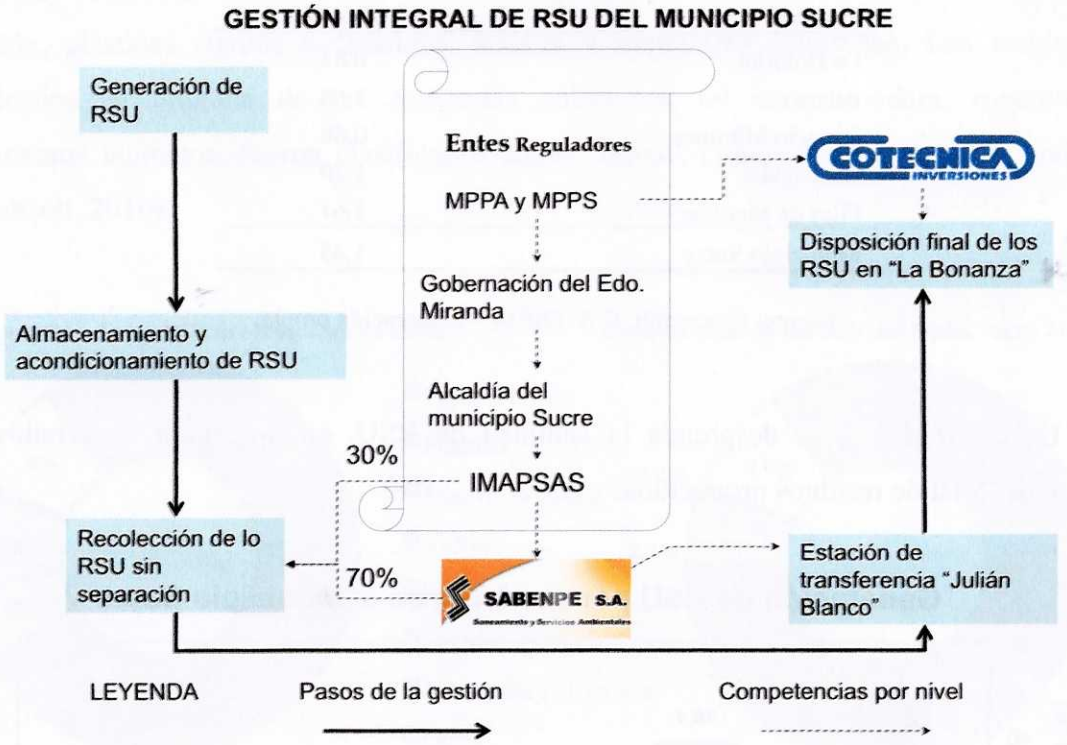


Figura 13. Esquema de la Gestión de RSU en el Municipio Sucre
Fuente: Elaboración propia

3.2. Generación Actual de Residuos en el Municipio Sucre

En esta sección se muestran datos estadísticos de la generación actual de residuos en el municipio expresada en valores totales y per cápita. Se muestran clasificados según variables diferentes (por parroquia, por corriente).

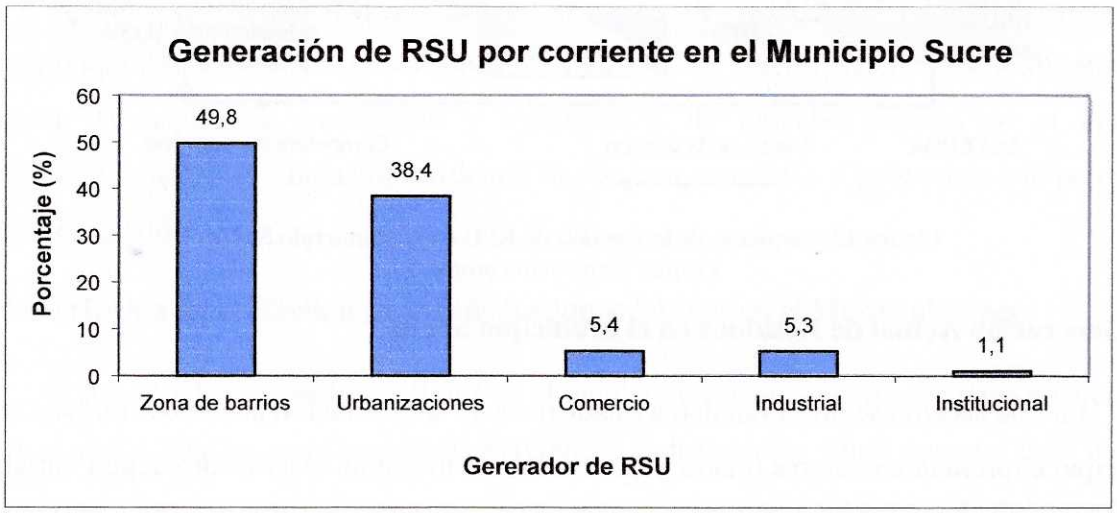
Se tiene un valor promedio de 1,45 kg diarios de basura per cápita, pero entre parroquias existe gran disparidad. Esta cifra incluye la generación debido a las actividades comerciales, de servicio, de industria manufacturera y también actividades en pequeñas escala (panadería, zapaterías y fábricas de muebles, entre otras).

Tabla 1. Promedio Per Cápita de Generación de RSU por Parroquia para el año 2010

Parroquia	kg/hab/día
La Dolorita	0,81
Petare	1,68
Leoncio Martínez	0,88
Caucagüita	1,20
Filas de Mariche	1,61
Municipio Sucre	1,45

Fuente: Proconsult, C.A. (2010) – Elaboración propia.

En la Gráfica 2 se desprende la cantidad de RSU, en porcentaje, generados por corriente del total de residuos producidos.

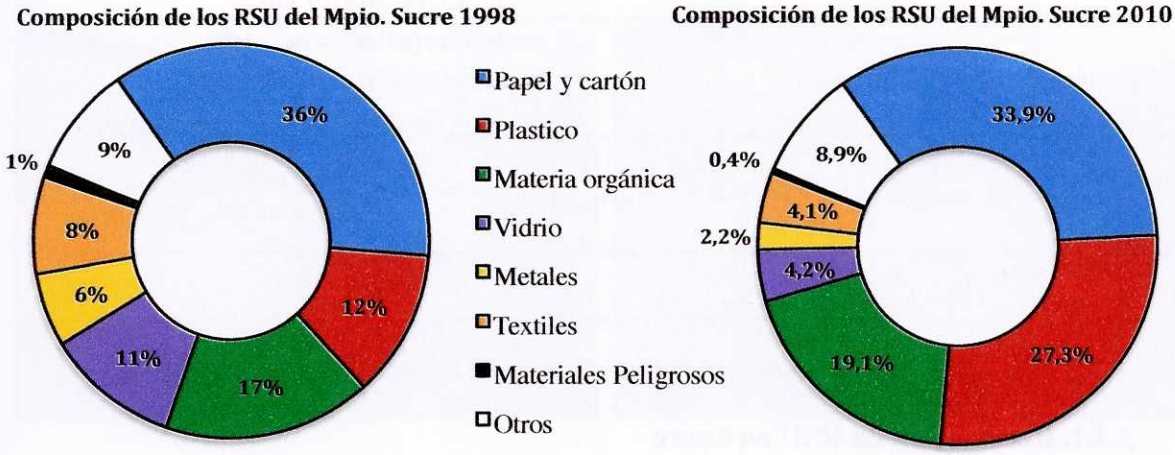


Gráfica 2. Generación de RSU por Corriente en el Municipio Sucre
Fuente: Proconsult, C.A. (2010) - Elaboración propia.

Proconsult, C.A., indicó que la corriente institucional se encuentra subestimada, debido a que la recopilación de la información se llevó a cabo en el período de vacaciones escolares.

3.2.1. Composición de los RSU del Municipio Sucre

La composición de los RSU consiste en una determinación de las cantidades, expresadas en porcentajes, de los principales materiales que conforman los residuos, las cuales varían en el tiempo. Se desglosan los residuos en: materia orgánica, metales (ferrosos y no ferrosos), papel y cartón, plásticos rígidos y flexibles, textiles y materiales peligrosos. Los residuos no clasificados en ninguna de las categorías anteriores, tal como madera, escombros y excrementos humanos, fueron clasificados como "otros", como se observa en la gráfica 3. (Proconsult, 2010)



Gráfica 3. Comparación de la Composición de RSU del Mpio. Sucre entre 1998 y 2010
Fuente: Proyectos Connatura, S.A. (1998) - Proconsult (2010) - Elaboración propia.

En la gráfica anterior se detalla que ha habido un aumento significativo en la generación de plásticos. Esto podría deberse al incremento de producción de envoltorios y empaques que utilizan el plástico como materia prima. La tendencia se corresponde también con la disminución de la generación de residuos compuestos por metales, textiles, vidrio, incluso papel y cartón.

3.3. El Manejo de los RSU en el Municipio Sucre

El proceso de manejo en la gestión actual de los residuos sólidos en Sucre, comienza con la recolección de residuos, mediante camiones compactadores, minimatics, entre otros de bajas capacidades (ocho toneladas en promedio). Continúa con el traslado de los residuos a la estación de transferencia en Filas de Mariche. Allí es donde se vierten y se juntan los residuos de las distintas parroquias del Municipio (Leoncio Martínez, Caucagüita, Petare, Filas de Mariche y la Dolorita), para luego ser cargados en camiones de transferencia de mayor capacidad (más de 18 toneladas) y enviados al relleno sanitario de "La Bonanza".

Equipos utilizados por Sabenpe C.A. para la recolección y transferencia de los RSU

Tabla 2. Equipos Utilizados para el Manejo de los RSU (2012)

Flota para la recolección	40 compactadoras de distintas capacidades 12, 15, 18, 20 y 25 Yd^3	
Maquinaria para la transferencia	1 Jumbo Caterpillar, modelo 450L 1 Jumbo Caterpillar, modelo 350B 2 Payloaders Caterpillar modelo 966C	
Flota para la transferencia	11 volquetas 40 Torontos 3 Areneras	Todos alquilados por la empresa Sabenpe C.A.
Distancia de recorrido del patio de transferencia al relleno sanitario	55 km	

Fuente: IMAPSAS (2012) - Elaboración Propia.

3.3.1. Recolección de RSU en Sucre

En el municipio Sucre, al igual que a nivel nacional, no existe separación de residuos desde el origen. Por lo tanto, los residuos se recolectan mezclados, lo que impide una recuperación de materiales eficiente.

En el área de estudio se presenta una gran diversidad de complejos residenciales, comerciales, sedes de instituciones educacionales y asistenciales, así como espacios de esparcimiento público. La población residente en el área se aloja en zonas de barrios,

conjuntos de casas de uno o dos pisos y edificios residenciales. Esta variedad de conjuntos residenciales o viviendas, afecta notablemente la etapa de recolección de los residuos. Los RSU generados por las personas que viven en barrios son muy difíciles de recolectar debido a los escasos y estrechos caminos entrañados en las barriadas, que dificultan el paso de los camiones compactadores comunes. Muchas veces equipos con menores dimensiones tampoco logran cubrir la recolección de los RSU, ya que no pueden llegar a los "basurales" improvisados por la abrupta topografía o configuración de los barrios (viviendas unas encima de otras) que no permite el paso de vehículos. Por otro lado los límites entre barrios y zonas de urbanizaciones populares no se encuentran perfectamente delimitados, de modo que estos problemas de recolección en los barrios afectan a las urbanizaciones cercanas.

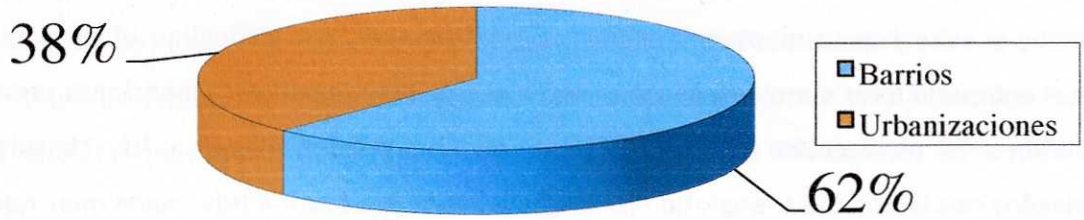
Compactadora convencional

Camión para espacios reducidos

Figura 14. Vehículos Recolectores de RSU en el Municipio Sucre.
Fuente elaboración propia.

Como se ve en la Gráfica 4, casi dos tercios de la población habita en zonas de barrios. Igualmente, hay que destacar que nuevos pobladores invaden terrenos en el municipio y crean asentamientos de tipo no regulado, lo que aumenta este porcentaje (Proconsult, C.A. 2010). Es del conocimiento común que los asentamientos no regulados no disponen de una buena

dotación de servicios de abastecimiento de agua y disposición de aguas servidas y recolección de desechos sólidos.



Gráfica 4. Distribución de la Población en el Mpio. Sucre por Zona Residencial (2010)
Fuente: Datos obtenidos de Proconsult, C.A. (2010) – Elaboración Propia

Aunado a todo lo anterior, Ángel Custodio Mejías, trabajador de Sabenpe, indica que "en los sectores populares ha aumentado la producción de RSU per cápita con respecto a años anteriores, cosa que dificulta aún más el programa de recolección". Para el 2010, la empresa Proconsult, C.A., reafirmando lo dicho por Ángel C. Mejías., indica que la población localizada en barrios no presenta condiciones económicas desahogadas, pero que "ciertamente no es pobre". Es de conocimiento común que los ingresos en las zonas de barrios, son menores que en otros tipos de residencia. Por tanto, la generación per cápita de RSU en las urbanizaciones es aún mayor.

El municipio, con la participación conjunta de la empresa Sabenpe, la Gobernación de Miranda, la Alcaldía Mayor e IMAPSAS, cuenta, en la actualidad, con aproximadamente 35 unidades de recolección principal más cinco unidades de apoyo. Sin contar las unidades No Operativas (IMAPSAS, 2012.b). Al mismo tiempo, el programa de recolección, cuenta con un servicio de barrido de calles que consiste en la limpieza manual de desechos que se encuentren dispuestos en las aceras de avenidas, calles, urbanizaciones y zonas industriales, pero durante las noches, la recolección de los residuos no se hace en zonas de barrios por el alto grado de

inseguridad que existe, excepto en casos extraordinarios, donde los trabajadores se vean obligados asistir a alguna emergencia.

3.3.1.1. Fallas en la Recolección de Residuos en el Municipio Sucre.

Todas las deficiencias en la recolección que se mencionan a continuación, generan descontento en las zonas directamente afectadas. La alcaldía recibe constantes denuncias de vecinos que sienten una baja atención en cuanto a la limpieza en sus zonas de convivencia.

Entre estas fallas se tienen la deficiente frecuencia en la recolección, que ocasiona que los residuos permanezcan a la disposición de indigentes y animales, al mismo tiempo ocasiona el aumento de lixiviados de los residuos en calles y avenidas. Esto puede deberse a la falta de personal y a que no se cuenta con la cantidad necesaria de unidades de recolección, principalmente, para que se pueda ejecutar el servicio de forma continua. Existe una sobre explotación de los camiones de recolección, así como la ausencia de las unidades de "hidrojet" y barrido convencional que realicen la limpieza y el lavado de las calles. Asociado a lo anterior, la falta de sanciones (multas) y de educación ciudadana en este ámbito, origina la formación improvisada de vertederos temporales a cielo abierto, además de que residentes, transeúntes y comerciantes formales e informales aglomeren grandes acumulaciones de desperdicios en ubicaciones incorrectas, de forma anárquica, debido a la mala delimitación o especificación de sitios para el acopio temporal de los RSU.

Figura 15. Puntos de Acopio en la Actualidad del Municipio.
Fuente: YVKE radio mundial (Franklin Rodríguez) [53]

De acuerdo con el *Informe sobre el servicio de barrido de calles* (IMAPSAS, 2012.a) se detectaron cerca de 21 sectores del Municipio Sucre que no cuentan con un servicio de barrido.

3.3.1.2. Eficiencia de la Recolección en los Últimos Años

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la eficiencia de la recolección anual.

Tabla 3. Eficiencia en la Recolección Anual de RSU en el Municipio

Año	Eficiencia (%)
1998	100,00
1999	97,66
2000	99,85
2001	73,05
2002	87,18
2003	100,00
2004 *	58,38
2005	N/I ***
2006	99,60
2007 **	99,86
2008	93,02
2009	71,29
2010	31,39

* Datos hasta Julio. Comenzó a utilizarse el patio de Fila de Mariche como depósito U, por lo que probablemente la eficiencia fue más elevada que lo aquí reportado.
** Operativo de Desalojo por MARN (Retiro aprox. De 40.000 Ton)
*** No existe Información.

Fuente: ProConsult, C.A. (2010)

El sistema de recolección presentó bajas eficiencias para el año 2009 y 2010. No se observa que pueda afrontar los requerimientos futuros del municipio, sin una inversión agresiva y una reestructuración que le permita adecuarse a dichos requerimientos (Proconsult, C.A. 2010). Sin embargo, según declaraciones de Eleazar Mora, gerente de operaciones de IMAPSAS, la basura en el municipio estaba siendo recolectada, con una frecuencia, a veces irregular, pero en un 100% de su generación.

La recolección, no necesita un estudio amplio o extraordinario, ya que su eficiencia puede aumentar, inicialmente, con un aumento en el personal y la flota de recolección, y una posible reorganización de las rutas, que además pudiera estar atada a los planteamientos de la nueva tecnología en la estación de transferencia (si se recicla con separación en el origen, la recolección deberá adaptarse a este sistema). Además, la recolección concentra la mayor atención de los entes responsables de la gestión, ya que es el tema que más afecta a las comunidades del municipio, por lo que se descuida la operación de la estación de transferencia.

3.3.1.3. Costos del Servicio de Recolección

Desde el 2003 las tarifas del servicio del aseo están congeladas. Factor de gran peso que incide en las fallas existentes en el servicio ofrecido por Sabenpe, pero que al mismo tiempo impide notoriamente a IMAPSAS mejorar el servicio de manera complementaria. En Sucre se tienen las tarifas más bajas de Venezuela y actualmente la alcaldía está colocando más de la mitad de los recursos para que el servicio continúe funcionando por medio de un subsidio (Anexos, Apéndice K. Reportaje: Daniela Meneses, 2012). En la tabla 15, ubicada en el apéndice H de los anexos se muestra un balance de los costos generales del servicio.

3.3.2. Estación de Transferencia "Julián Blanco" – Municipio Sucre.

Sus terrenos e instalaciones pertenecen a la empresa Sabenpe, C.A. y está ubicada en la parroquia La Dolorita, en el kilómetro 1 de la carretera Petare - Santa Lucía. Esta estación cuenta con un patio de operaciones, talleres mecánicos, de latonería y de sistemas hidráulicos, zona de oficinas, además cuenta con herrería, cauchera, almacén de repuestos, zona de lavado para la conservación y reparación de las unidades, así como una estación de combustible para surtir a las unidades que desde allí operan. Eleazar Mora, Gerente de Operaciones de IMAPSAS, declaró que actualmente Sabenpe C.A. dispone de una concesión para manejar la recolección y transferencia de los residuos en Sucre, la cual vence en diciembre del año 2013.

Zona de Lavado | Estación de Combustible | Zona de Reparación

Figura 16. Instalaciones y Equipos en "Julián Blanco"
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.1. Operación en la Estación de Transferencia

La estación de transferencia opera las 24 horas del día, durante los 365 días del año dentro de las instalaciones de Sabenpe C.A. y el área libre es de 6400 m² (Flushing y Oviol 2006). El proceso comienza con el registro del camión recolector que sale de la estación a recolectar los residuos de su ruta correspondiente (un camión por ruta), así como la hora y la ruta a la que sale. Luego de que el camión recolector colma su capacidad, regresa a la estación para descargar los RSU, se registra la unidad y la hora de llegada; seguidamente se cuantifica, mediante una *romana de entrada*, la masa de residuos que transporta cada unidad (previamente se ha registrado la tara).

Un día normal | Durante el 26 de diciembre del 2012

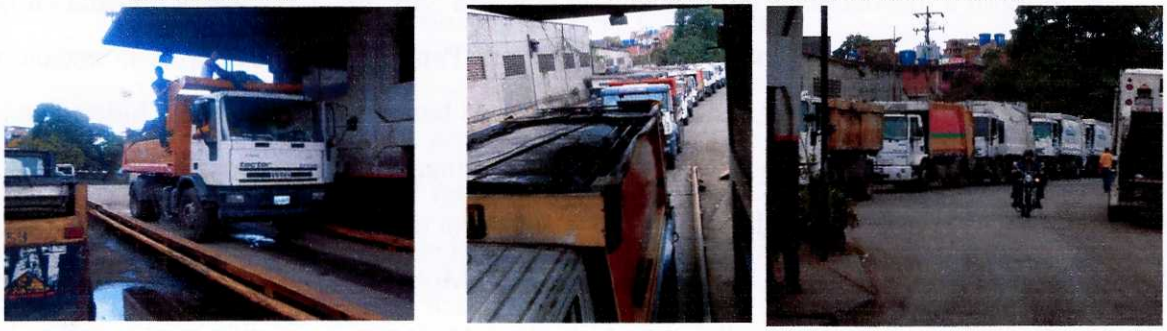


Figura 17. Romana de Pesaje de RSU - "Julián Blanco"
Fuente: Elaboración Propia

Luego se dirige al patio de descarga residuos para liberar toda su carga y salir nuevamente a recoger los residuos correspondientes a su ruta. Normalmente cada recolector realiza entre dos y cuatro viajes diarios.

Día en operación normal

Día pico: 26/12/2012

Figura 18. Vertido de RSU en Patio de Descarga - "Julián Blanco"
Fuente: Elaboración Propia

Una vez que la carga es vertida en el patio, espera hasta ser cargada en un camión de transferencia con un *jumbo* (ver Figura 19) o un *payloader*. Estas máquinas recogen los desechos que fueron vertidos en el patio y los descargan desde la parte superior del remolque descubierto.

Remolque en espera – 20/7/12

Carga de RSU – 26/12/12

Figura 19. Carga de RSU en Remolques de Transferencia.
Fuente: Elaboración propia

Los camiones de transferencia salen del patio, se registra su placa y hora de salida (no se cuenta con *romana de salida*, por lo que no es usual el registro de la masa de residuos que salen de "Julián Blanco") y comienza su recorrido hasta la disposición final. El proceso de descarga del relleno sanitario es bastante similar al de la estación de transferencia. En el relleno sanitario "La Bonanza" se genera una constancia impresa de la masa que transportó la unidad de transferencia para cuantificar el traslado de desechos.

3.3.2.2. Fallas en la Estación de Transferencia

Dentro de la estación de transferencia "Julián Blanco" existen personas que practican la segregación informal. Por un lado esto presenta algunos aspectos positivos: los residuos se convierten en una fuente de ingresos para personas que no tienen medios de sustento y su trabajo reintegra una cantidad de materiales a las líneas de producción, aunque ésta sea despreciable. Pero por otro lado, estas personas ponen en riesgo sus vidas cuando proceden a separar la basura, ya que en esa zona se permite el tránsito libre de maquinaria pesada, pudiendo ocasionar accidentes muy graves, además de que el contacto cercano con los residuos en descomposición puede acarrearles enfermedades que desmejoren significativamente su salud.

Figura 20. Recolectores Informales en el Patio de Descarga de "Julián Blanco"
Fuente: Elaboración Propia

En "Julián Blanco" no se cuenta con buena disposición de los lixiviados, mucho menos con su tratamiento, en cambio, se descargan en el canal de agua de lluvia de la carretera Petare - Santa Lucía. Los habitantes de la zona que transitan a pie por esta carretera están en gran riesgo de contraer enfermedades, ya que están en contacto constante y directo con los lixiviados provenientes de la estación.

Vertido de lixiviados al canal de drenaje

Figura 21. "Disposición" Actual de Lixiviados en el Municipio Sucre.
Fuente: Elaboración Propia

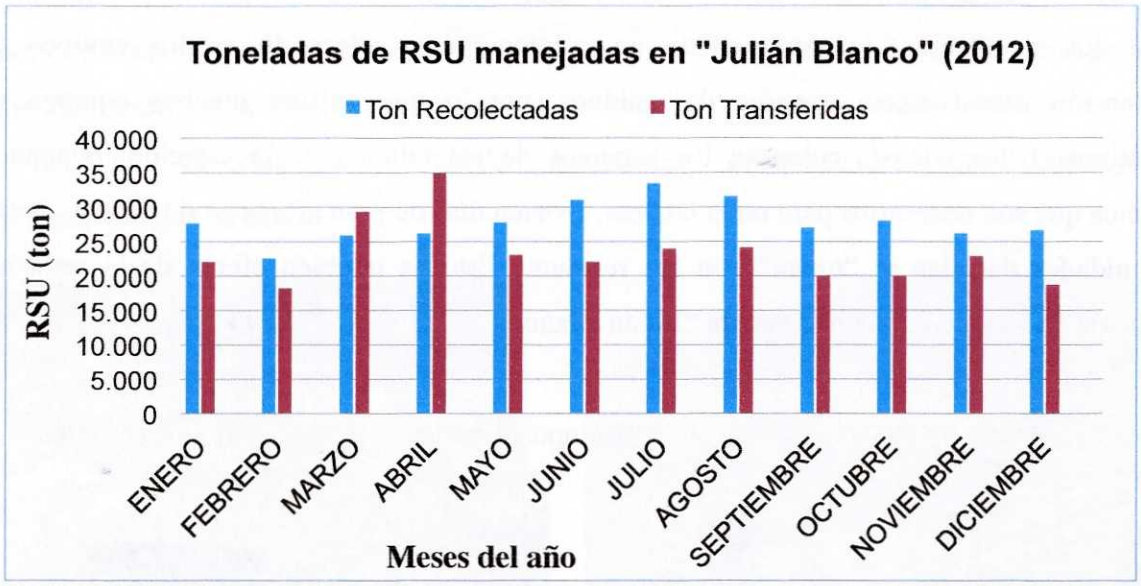
En la estación, tampoco existe un mantenimiento adecuado en los equipos de recolección, transferencia y carga de residuos, por lo que existen muchos equipos no operativos. Estos además colapsan los espacios de los talleres de la estación, ocupando espacios que son necesarios para otras labores. Existen días de gran afluencia de basura, donde las unidades dañadas se "topan" con los residuos. Esto es también efecto de la reducida extensión de terreno con la que cuenta "Julián Blanco".

Camión recolector dañado

Equipos dañados enterrados bajo los residuos

Figura 22. Problemas con Equipos No Operativos.
Fuente: Elaboración propia

El patio de descarga y transferencia, no cuenta con un techo que proteja los residuos de las condiciones climáticas, esto aumenta aún más la producción de lixiviados, y debido a la ineficiencia que se muestra en la transferencia de los residuos, existe almacenamiento permanente de basura en el patio de descarga y transferencia, convirtiendo este patio, prácticamente, en un vertedero a cielo abierto. (ver Gráfica 5). Eleazar Mora corrobora que no hay programas especiales para las fechas de mayor generación de basura y tampoco planes de contingencias por parte de la empresa Sabenpe. También la capacitación del personal es en general muy pobre. En 2010, Proconsult, C.A. reportó que el sistema de recolección del municipio presenta una gran dependencia del depósito de desechos establecido en el patio del galpón de Filas de Mariche, lo que establece la necesidad de una verdadera estación de transferencia en jurisdicción del municipio que permita el trasbordo eficiente y a tiempo de los desechos hasta el relleno sanitario.



Gráfica 5. Contabilización de RSU Entrantes y Salientes de "Julián Blanco" en el 2012
Fuente: IMAPSAS (2012)

La empresa encargada de la gestión de residuos sólidos en el Municipio, INVERSIONES SABENPE, C.A., ha venido deteriorando el servicio con el pasar del tiempo,

generando contaminación, incomodidad, problemas sanitarios, entre muchos otros, por el manejo inadecuado de los desechos sólidos.

3.3.3. Disposición Final de los Residuos del Municipio Sucre "La Bonanza"

En la carretera nacional que une a la Autopista Regional del Centro con los Valles del Tuy, se encuentra el relleno sanitario "La Bonanza", con 180 hectáreas de terreno, es el lugar de disposición final de la basura que se produce en la Gran Caracas y los Valles del Tuy. El relleno sanitario "La Bonanza", es operado por COTECNICA BONANZA, una empresa del grupo Proactiva Medio Ambiente. Ésta presenta una concesión firmada en 1998, con la empresa MANCOSER por 20 años.

Para este momento ya deberían comenzarse planes y estudios para la habilitación de un terreno que sustituya los servicios de "La Bonanza", a la cual le quedan cerca de 15 años de vida útil según declaraciones de Carmen Hernández, coordinadora de relaciones institucionales de "La Bonanza".

Figura 23. Instalaciones del Relleno Sanitario "La Bonanza"
Fuente: Proactiva Medio Ambiente Venezuela (2012)

"La Bonanza" se vale de modernas tecnologías para recibir más de 4000 ton/día de residuos, procedentes de 11 municipios de los Valles del Tuy y la Gran Caracas, aplica técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental para disponer adecuadamente de los desechos sólidos y semisólidos, evitando riesgos a la salud de las poblaciones aledañas y controlando

los desequilibrios ambientales que puedan generarse; también cuenta con captación y tratamiento del *biogás* y con lagunas y plantas evaporadoras para el tratamiento para los lixiviados (ver Figura 23). Este relleno sanitario cuenta con rigurosos controles y mantenimientos que logran que la operación sea correcta desde casi todos los parámetros.

3.3.3.1. Fallas de la Disposición Final

A pesar de la eficiencia con la que parece contar el relleno sanitario "La Bonanza", no se escapa de presentar fallas que opacan lo correspondiente al último paso de la gestión. Se conoce la existencia de una denuncia en el mes de marzo del 2012 (Maurin Hernández - Últimas Noticias, 2012. Anexos, Apéndice K), sobre cobros, presuntamente excesivos, a los camiones que ingresan con los desperdicios: "Los pesos no poseen el lector de rigor, y que no está actualizada la calibración desde hace un año" (refiriéndose a la romana).

También la separación improvisada por parte de los segregadores informales constituye un problema social latente en las operaciones del relleno sanitario "La Bonanza". Las personas que lo practican se exponen a posibles accidentes, obstruyen las operaciones y corren riesgos de insalubridad (Ver figura 24). Riesgos que son mucho mayores que los beneficios que se generan a raíz de esta actividad (según Gabriel Szucs en el 2009 menos del 1% de los residuos logran ser recuperados).

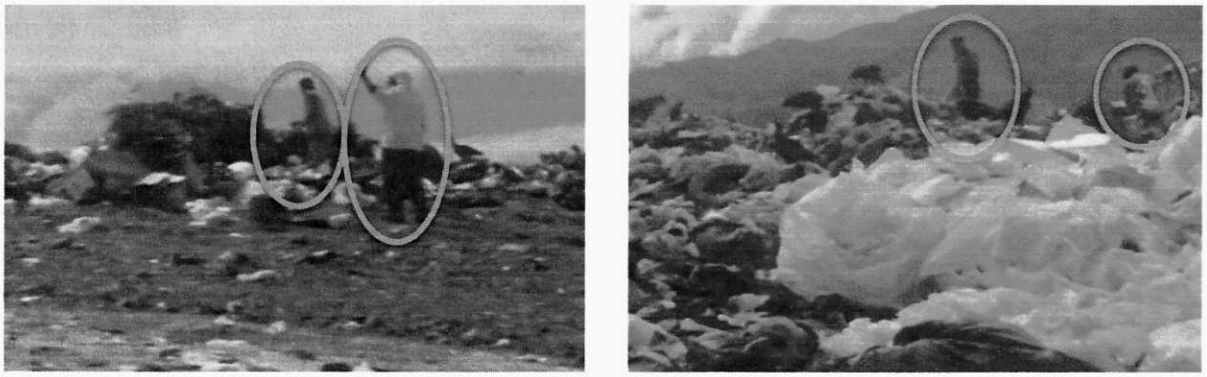


Figura 24. Segregadores Informales en "La Bonanza"
Fuente: Elaboración propia.

Para el municipio Sucre, la disposición final de los residuos, como eslabón de la gestión, se escapa de las manos por pertenecer a otros entes superiores y ajenos a la alcaldía, además, dentro de la vertiente tecnológica de los rellenos sanitarios, el funcionamiento en "La Bonanza" es muy eficiente y correcto en líneas generales, a diferencia de los demás componentes que sí presentan mayores dificultades y deficiencias, por lo que merecen y necesitan una mayor atención para ser mejorados.

3.3.4. Organismos e Instituciones Destacadas que Intervienen en la Gestión

Instituto Municipal Autónomo para la protección y Saneamiento Ambiental de Sucre (IMAPSAS)

IMAPSAS es una institución pública ligada a la alcaldía de Sucre, es la encargada de organizar, coordinar, administrar y regular todo lo relativo a la recolección, transporte, reciclaje, tratamiento y disposición final de los residuos y desperdicios de cualquier índole, además de velar por el saneamiento, protección y conservación del medio ambiente.

Su misión principal es "el saneamiento ambiental y el fortalecimiento de una conciencia que estimule a la ciudadanía a trabajar conjuntamente en la planificación, recolección, transporte y reciclaje de los desechos para mejorar la calidad de vida de los habitantes del Municipio Sucre" (Alcaldía de Municipio Sucre).

Inversiones Sabenpe C.A.

Empresa especialista en saneamiento ambiental con 25 años de experiencia en aseo urbano. Suministra, en distintas regiones del país, los servicios de recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos domiciliarios, así como la limpieza y mantenimiento urbano. (SABENPE C.A.). Sus oficinas están ubicadas en la estación de transferencia "Julián Blanco" y es la única empresa concesionaria para cubrir el servicio de recolección y transferencia en el municipio Sucre. Sus eventuales negligencias han ocasionado problemas que paralizan la gestión de residuos en el municipio, a raíz de lo cual IMAPSAS ha tenido que

intervenir, abarcando parte de la recolección para aminorar estos problemas. Luego de terminada la concesión dada a Sabenpe, todo apunta a que ésta no será renovada y se buscará administrar la gestión de los RSU de diferente manera, para evitar el monopolio de la gestión, según palabras de Eleazar Mora, Gerente de Operaciones de IMAPSAS.

Proactiva Medio Ambiente Venezuela

Es un grupo de servicios medioambientales, especializada en la gestión integral del agua y los residuos. Operan en Latinoamérica a través de una amplia red de delegaciones y empresas locales, respaldados a nivel internacional por líderes mundiales (Proactiva, 2012). Actualmente el grupo Proactiva Medio Ambiente Venezuela, mediante su empresa COTECNICA BONANZA, C.A., es el responsable de la disposición final en el relleno sanitario "La Bonanza"; concesión firmada en el año 1998 con duración de 20 años.

3.3.5. Reciclaje y Educación ciudadana en el Municipio Sucre

El reciclaje en el Municipio Sucre es prácticamente nulo y sólo una minoría consciente lo practica. Existen algunas campañas y organizaciones que promueven el reciclaje pero aún las comunidades no practican dichas propuestas (Barrios, 2012 – Anexos, Apéndice K). Los venezolanos carecen de conciencia del valor de los desechos sólidos. No obstante, referente al componente conductual, sugiere que aunque las personas poseen la predisposición de reciclar, la intención de participar en actividades concretas para el reciclaje de los residuos sólidos en su comunidad, aún es baja (Denegri, González y Sepúlveda. 2010). Por otro lado Marcial Barrios menciona que en el Distrito Metropolitano se observa poca motivación política hacia el reciclaje, donde ahora es que se están sensibilizando con el tema y lo están agregando a sus campañas. La preocupación de los Sucrenses con el tema de la basura cambia según el sector donde vivan y esto hace que tengan puntos de vistas desiguales sobre el tema. Pero al igual que todos los venezolanos, no se han percatado que son dueños de la basura y responsable directamente de las consecuencias de ésta (Barrios, 2012 – Anexos, Apéndice K). En general, según ECOCICLA (2004), para Venezuela resulta urgente promover proyectos de reciclaje,

reducción y/o de manejo adecuado de los residuos sólidos, ya que la cantidad de RSU y la mala gestión generan una gran contrariedad a nivel nacional, esto se debe a que en el país no existe una "cultura de reciclaje de residuos sólidos" (Denegri, González y Sepúlveda, 2010).

IMAPSAS intenta emprender el camino del reciclaje a través de un programa llamado Ruta Ecológica (Palacios, 2013. Anexos, Apéndice K). La alcaldía quiere establecer patios auxiliares en los que se clasificará el plástico y cartón que generan las zonas residenciales, junto con punto de compactación de los residuos clasificados, para su posterior traslado a empresas que reutilizan el cartón y plástico (En Venezuela no existen empresas recicladoras encargadas de prestar el servicio de recolección de basura a los municipios).

Empresas Recicladoras en el Estado Miranda

Estas empresas tienen capacidad tecnológica solamente para tratar cierto tipo de materiales, además, estos materiales deben contar con ciertas condiciones (se exponen en Anexos, Apéndice K. Ecoclick, 2013).

Tabla 4. Empresas Recicladoras en Miranda (2012)

Empresa	Ubicación	Recicla
Ecoplast	Guatire, Edo. Miranda	Plásticos
Repaveca	Urb. Palo Verde, Zona industrial, Edo. Miranda	Papel de tipografía, oficina, kraft, periódico, revistas y cartón.
2012 KB de Venezuela RP C.A.	Filas de Mariche	Equipos electrónicos, electrodomésticos, baterías, bombillos y metales.
Owens Illinois	Av. Principal de las Mercedes	Vidrio
Produvica	Caracas	Vidrio
Telser de Venezuela	Boleíta Sur	Batería de celulares
Popcorn Corner, cambiando su nombre a Cielcosa	mudando hacia Carrizal, Edo. Miranda	Compost

Fuente: Elaboración Propia – Amos Unshelm, (2012)

Capítulo IV. ANÁLISIS DE LAS OPCIONES VIABLES PARA LA CONFORMACIÓN DE LA PROPUESTA EN LA GIRSU DEL MUNICIPIO SUCRE

Observando y comparando las fallas existentes en la gestión del manejo de los RSU en el municipio Sucre, se ha visto que la recolección y la Estación de Transferencia "Julián Blanco" son las etapas con más fallas a subsanar. Si bien las mejoras en la recolección representan un tema complejo para este momento, sus mejoras sólo serán en la empresa contratada al efecto. Se tiene, por otro lado, la posibilidad de mejorar sustancialmente la ET y su entorno, tomando medidas correctivas a corto plazo mientras se desarrollan las soluciones definitivas de mediano y largo plazo.

En tal sentido, a continuación, se establecen dos líneas de acción: la primera engloba las medidas provisionales para mejorar la operación en "Julián Blanco" y mitigar el impacto ambiental y social que éste genera. Y la segunda línea de acción, conformada por la propuesta definitiva, comienza con un análisis comparativo de las posibles tecnologías que pudieran implementarse para convertir a la estación de transferencia en una unidad más eficiente para la gestión, seguido del efecto de estas tecnologías sobre las condiciones de los residuos que serán transferidos y dispuestos, sin pasar por alto el estudio técnico económico pertinente.

Para eso, previamente se deben realizar ciertas estimaciones relacionadas a cantidades futuras que sean de interés para tenerlas en cuenta en estos análisis.

4.1. Medidas para el Mejoramiento Provisional de la Estación de Transferencia "Julián Blanco"

Las siguientes medidas se proponen para mitigar, de forma temporal, los problemas existentes en la actualidad en "Julián Blanco" antes de la puesta en marcha de la tecnología que vaya a conformar la propuesta. Previendo que este tipo de proyectos requieren de medianos y largos lapsos de tiempo para su ejecución.

- Diseñar un sistema que recolecte los lixiviados y aguas contaminadas generadas en la ET "Julián Blanco" para su posterior disposición en el relleno sanitario "La Bonanza" y así evitar el vertido hacia el sistema de drenaje de la carretera Petare - Santa Lucia.

- Aumentar la cantidad de camiones de transferencia, buscando que estos tengan la mayor capacidad de carga posible.

- Agregar maquinaria pesada, como *jumbos* o retroexcavadoras y *payloaders,* que complementen a los ya existentes en la realización de la tarea de carga de residuos en los remolques, además de contar con inventario adecuado de partes y componentes necesarios para su efectivo mantenimiento.

- Estudiar el reordenamiento de los espacios para lograr un mejor aprovechamiento de los mismos, buscando agilizar el tránsito de los vehículos independizando las rutas de descarga y carga y la movilidad de las maquinarias, e impedir la generación de trabas funcionales. Agregar una Romana de Salida. Evaluar la posibilidad de expropiación de terrenos adyacentes, con el fin de facilitar esta reorganización, mas no ver esto como un aumento del espacio para el almacenamiento de residuos.

- Robustecer los protocolos de seguridad en la estación, para evitar la presencia de segregadores informales y de animales domésticos como perros y gatos, que pudieran obstaculizar la operación dentro de la estación.

- Construir un techo en el patio de vertido, de manera rápida y muy económica, para proteger los RSU de las condiciones climáticas.

- Promover mayor educación y capacitación en el personal de la estación que incentive o motive a desempeñar un mejor trabajo y a colaborar con la agilización de la operación.

- Modificar las tarifas del aseo urbano hasta hacerlas cónsonas con los costos operativos del sistema.

Las medidas mencionadas deben ser vistas como una solución a corto plazo de una problemática estructural y, por ello, no deben ser consideradas como la solución definitiva del problema, sino como acciones de mejoramiento de la estación de transferencia "Julián Blanco" mientras se ejecutan las acciones que conformarían la propuesta.

4.2. Estimaciones Iniciales

Estimación de los RSU futuros

La generación neta futura de los desechos es un indicador útil para determinar las capacidades necesarias que debe tener el servicio. Es indispensable conocer la cantidad de residuos que se generará dentro de 20 y 30 años (vida útil de las tecnologías). Primero se obtienen los datos de recolección reales correspondientes al año 2012, suministrados por IMAPSAS. De estos números se calculan valores de interés para luego ser comparados y analizados junto con valores *teóricos* que se estiman de acuerdo con tendencias de crecimiento poblacional y la cantidad per cápita de RSU generados en el municipio actualmente.

RSU manejados en "Julián Blanco" actualmente:

Se toman todos los datos diarios del año 2012 y se obtiene el promedio real de RSU recolectados para el año 2012, que es igual a 915,23 toneladas diarias, pero los datos

registrados en la recolección de RSU en Sucre para el año 2012 presentan una gran amplitud entre el valor máximo y mínimo, debido no sólo a las diferencias en generación, sino también a las irregularidades y fallas presentes en el servicio, por lo que se recurre a realizar la Gráfica 6 para conocer la probabilidad de ocurrencia que existe actualmente en la recolección de los RSU.

Gráfica 6. Curva de Ocurrencia de los Residuos Recolectados Diarios para el Año 2012
Fuente: IMAPSAS (2012) – Elaboración propia

Factor Pico "real"

A partir del promedio real de 915,23 Ton/día, se determina el factor pico (adimensional), para ello se busca el *valor máximo de recolección* coherente con la generación y se halla la diferencia porcentual. Este valor máximo coherente con la generación se encuentra normalmente en los meses de mayor consumo, por lo que se busca el valor máximo

del mes de diciembre (1409,3 ton), el cual tiene un 5,46% de probabilidad de ocurrencia. Gabriel Szucs, gerente de COTECNICA afirma que entre los días 26 y 27 del mes de diciembre se genera la mayor cantidad de basura en el año (Anexos, Apéndice K, Kathekat, 2009). Los datos superiores a éste, se descartan por ser considerados como una consecuencia de las irregularidades de la gestión de recolección.

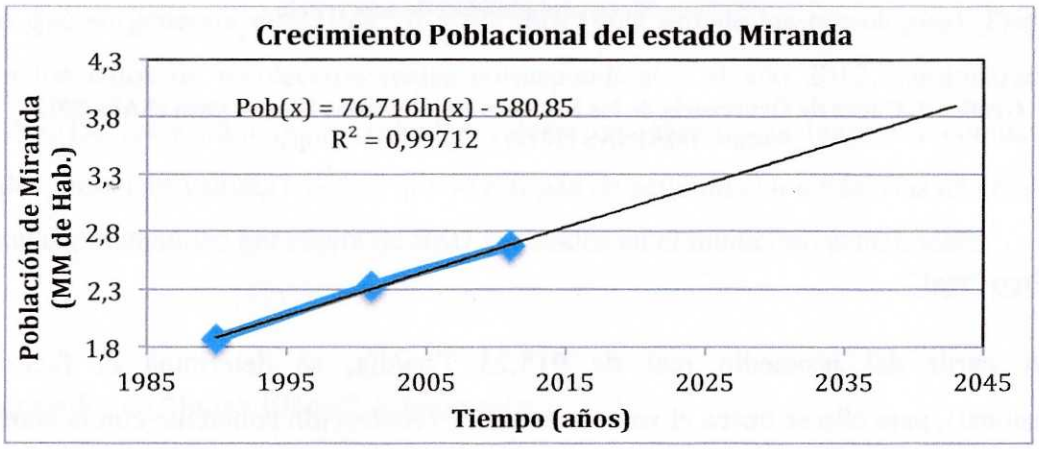
Entonces el Factor pico *real* (Fp*r*) será:

$$Fpr = \frac{(1409{,}3 - 915{,}23)}{915{,}23} = 54\%$$

Calculados el valor promedio diario de recolección y el factor pico, se procede a estimar los valores teóricos.

Estimación Teórica

Para estimar la cantidad de RSU que habrá durante los años futuros es necesario proyectar el crecimiento poblacional del Estado Miranda con una extrapolación de la línea de tendencia obtenida del crecimiento dado según los últimos tres censos poblacionales registrados (Anexos, apéndice G. Tabla 13). Como la que se muestra en la gráfica 7.



Gráfica 7. Tendencia del Crecimiento Poblacional en el Estado Miranda.
Fuente: INE (2012) – Elaboración propia

Tomando los tres últimos censos realizados, que comprenden la densidad poblacional desde 1990 hasta el 2011, partiendo de la gráfica 7 y haciendo uso del porcentaje de distribución poblacional (0,224) del municipio Sucre en Miranda (Anexos, Apéndice G, Tabla 14), se obtiene el siguiente comportamiento del crecimiento de la población del municipio Sucre.

$$Pob(x) = [76{,}716 * Ln(x) - 580{,}85] * 0{,}224 * 1.000.000 \quad (1)$$

Donde: *Pob(x)* es la población de Sucre para el año *"x"* (en habitantes). La *x* es el año en el que se quiera calcular la población (2013, 2020, 2033, 2043…)

Una vez obtenido el comportamiento poblacional para los siguientes años, se estima la generación promedio de RSU teórica de Sucre (RSU_{prom}). Tomando en cuenta la generación de RSU per cápita en el municipio ($RSU_{p.c}$) determinada en 1,45 kg/hab./día (Tabla 1), se asume una eficiencia de recolección ($E_{rec.}$) del 100% para obtener el caso más desfavorable en la estación.

$$RSU_{prom} = \frac{Pob(x) * RSU_{p.c} * E_{rec.}}{1000} \quad (2)$$

Luego calculando según las formula 1 y 2 se tiene:

$$Pob(\mathbf{2012}) = [76{,}716 * Ln(\mathbf{2012}) - 580{,}85] * 0{,}224 * 1.000.000 = \mathbf{609225\ Hab.}$$

$$RSU_{prom} = \frac{609225\ Hab. * 1{,}45 \frac{Kg}{Hab.día} * 100\%}{1000} = \mathbf{883{,}38\ Ton/día}$$

Estos son valores *teóricos* calculados para el año 2012, son comparables con los valores *reales* obtenidos anteriormente, y existe entre ellos una diferencia que se evalúa como el porcentaje de error, el cual debe ser tomado en cuenta en las proyecciones.

Promedio real = 915,23 Ton/día - Promedio teórico = 883,38 Ton/día

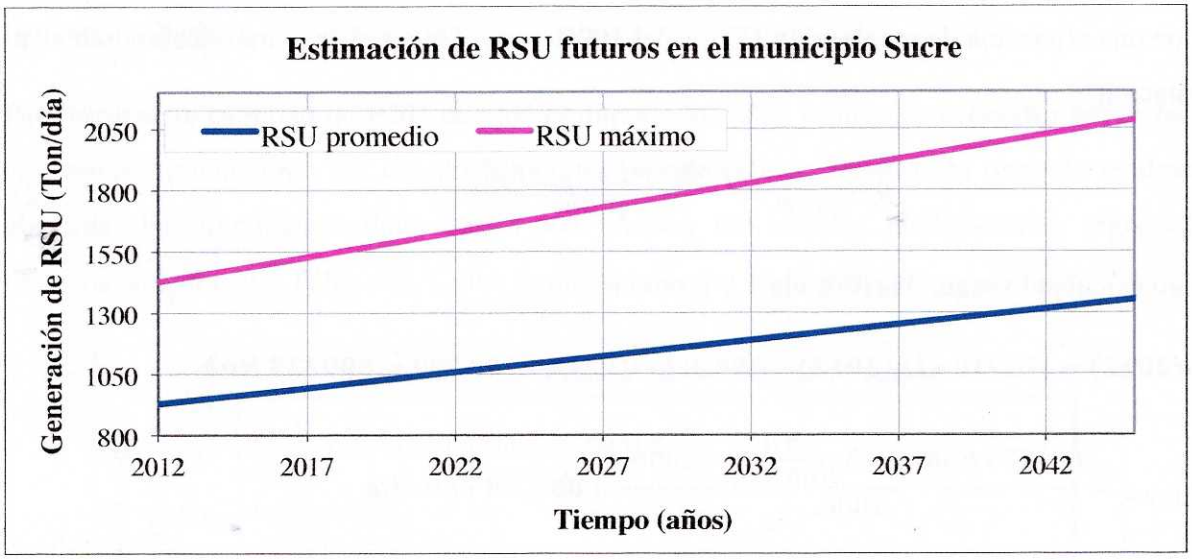
$$\%error = \frac{(RSU_{prom.real} - RSU_{prom.teorico})}{RSU_{prom.real}} * 100 = \frac{915{,}23 - 883{,}38}{915{,}23} * 100 = \mathbf{3{,}5\%}$$

Se observa un error menor al 5%, muy satisfactorio para estos cálculos. Se obtiene a continuación una ecuación de diseño, para estimar la generación de RSU futuros ($RSU_{prom_{(x)}}$). Tomando en cuenta el porcentaje de error (*%error*), el cual se asume de 5% cubriendo conservadoramente el 3,5% obtenido en los cálculos con un factor de seguridad extra para el diseño.

Ecuación de Diseño para estimar la cantidad de RSU futuros

$$RSU_{prom_{(x)}} = \frac{Pob(x) * RSU_{p.c} * E_{rec.}}{1000} * (1 + \%error) \quad (3)$$

Se podría calcular un valor pico de RSU generados, aumentando los $RSU_{prom_{(x)}}$ en 54% (factor pico real obtenido).



Gráfica 8. Estimación de RSU Futuros en el Municipio Sucre.
Fuente: Elaboración Propia

Es importante acotar que la generación de *RSU per cápita* se asume constante en el tiempo, ya que no existe un registro que permita proyectar correctamente su comportamiento.

4.3. Análisis Comparativo de Ventajas y Desventajas para cada Tecnología

Dadas las condiciones del municipio, no todas las tecnologías existentes serán igualmente convenientes al implementarse para mejorar el servicio de aseo. Como herramienta para esta evaluación se exponen las ventajas y desventajas de distintas tecnologías, para comprender cuáles de éstas son más convenientes para dar salida al problema planteado. En base a esto y a la situación actual estudiada, se realiza un análisis para cada opción con fin de avanzar en la definición de la propuesta en la GIRSU del municipio.

Como condición inicial para las posibles tecnologías a implementar en una estación de transferencia en Sucre, se establece que deberán contar con *descarga indirecta*, ya que en el municipio se generan más de 915 toneladas diarias de basura en promedio y con picos mayores a las 1400 toneladas/día, lo que implica una cantidad excesiva y muy fluctuante de residuos para ser manejada eficientemente por *descarga directa* de forma factible. A continuación se mencionan algunas ventajas de la descarga indirecta (en cualquiera de sus formatos) respecto a la carga directa:

- Las estaciones con descarga indirecta requieren menor cantidad de vehículos de transferencia en comparación a la estación con descarga directa.
- La acumulación proporciona "desconexión" entre los residuos que entran y los residuos cargados lo que permite compensar las diferencias temporales entre las fluctuaciones en generación y la capacidad de la transferencia.
- La descarga indirecta permite el almacenamiento a corto plazo en caso de una falla u otra circunstancia impida el traslado de los residuos al relleno sanitario.

Por otro lado, el uso de un pozo amortiguador o *surge pit* se debe considerar como opcional y no se incluye en los análisis, ya que no afecta sustancialmente los resultados.

4.3.1. Ventajas y Desventajas de cada Tecnología.

La información reflejada en los cuadros siguientes se obtiene de distintas experiencias, entrevistas realizadas en campo y fuentes bibliográficas. Entre ellas se tienen: ADAN, 1994; CONAMA, 2001; Córdova y Rodríguez, 2006; Leite y Penido, 2006; U.S. EPA, 2002.a; Amaya, Elizabeth. 2009; RMCT, 2003 y el Grupo Tecnomatrix [51]

4.3.1.1. ESTACIÓN CON PATIOS Y SIN COMPACTACIÓN

Ventajas

- Simple, método de carga por gravedad.
- Apropiado para un amplio rango de residuos, y para casi cualquier condición, incluyendo los escombros de construcción y materiales voluminosos.
- Podría ser complementado con compactación ligera por parte de los mismos equipos que descargan desde el techo del remolque apisonando hacia abajo y nivelando la carga.
- Por su simplicidad, genera costos de inversión y de mantenimiento de la estación menores quelos generados por las demás tecnologías (no incluye costos de transporte, vehículos de transferencia ni disposición de residuos).
- La misma simplicidad ayuda a que el proceso sea "robusto". Facilita las reparaciones y soluciones rápidas ante cualquier traba.
- Apropiado para pequeñas y grandes estaciones de transferencia.

Desventajas

- Baja carga útil en el remolque en comparación con otras tecnologías.
- Potenciales accidentes entre personas y equipo móvil de la ET. Por fácil acceso de personas al patio de vertido.
- Promueve la segregación informal.
- Se requerirían remolques muy grandes para conseguir una buena capacidad de carga.
- Generalmente involucra irregularidades. La parte superior del remolque queda descubierta o presenta una cortina/lona permeable, provocando el escape de basura y hedor, además de hacer que la carga pueda ser más pesada por precipitaciones capturadas en la trayectoria del vehículo de transferencia.
- La operación dentro de la planta puede ocasionar contaminación sonora que puede perturbar a las comunidades aledañas.
- Los remolques pueden sufrir daños si materiales densos o filosos caen en el remolque vacío.
- Esta tecnología no fue concebida con el fin de incentivar la reutilización o reciclaje de los materiales, considerándolos en principio como desechos y no como residuos.
- Necesita mayores extensiones de terreno en comparación con otras tecnologías. Esto ocasiona rechazo por parte de la población, nadie quiere una ET cerca de su sitio de residencia, mucho menos una *grande*.
- Tecnología obsoleta en términos de beneficio ambiental apreciable.

Ejemplo en el mundo: Estación de transferencia "Julián Blanco", Municipio Sucre. Edo. Miranda. Venezuela.

Análisis Referente a la Estación con Patios y Sin Compactación en el Municipio Sucre

Esta tecnología es usada actualmente en "Julián Blanco", por lo tanto, automáticamente queda seleccionada como una ***posible alternativa*** para ser evaluada en el estudio técnico-económico, con el fin de compararla con las demás alternativas.

En el municipio Sucre se quiere eliminar la permanente acumulación de RSU en la estación, el vertido descontrolado de residuos en el patio, la presencia de aves, roedores, perros y otros animales, el constante escape de residuos, la percolación de lixiviados y hedor en el remolque, y la existencia descontrolada de los segregadores informales. Esto puede corregirse con sistemas de control más rigurosos en la estación o con una tecnología de transferencia diferente a la actual que imposibilite la generación de estos inconvenientes.

Por otro lado, su flexibilidad de operación, sus bajos costos iniciales y su simplicidad en cuanto a infraestructura la hacen una buena opción, pero la falta de compactación de los residuos genera ineficiencia, necesidad de mayor cantidad de tractores (payloaders y jumbos), de gran cantidad de viajes, que en el caso de Sucre son viajes largos y dificultosos, ya que atraviesan la ciudad para dirigirse hacia "La Bonanza". Esto se traduce en reparaciones constantes de los equipos móviles y mayores gastos en la operación de transferencia.

4.3.1.2. ESTACIÓN CON PATIOS Y COMPACTACIÓN HIDRÁULICA ESTACIONARÍA DENTRO DEL REMOLQUE

Ventajas
- La compactación consigue aumentar la densidad de los RSU dentro del remolque, buscando aumentar capacidades de carga para disminuir el número de viajes hacia el sitio de disposición final. - El remolque o *container* es completamente cerrado, encapsulando los residuos, esto previene que la lluvia entre y disminuye los escape de hedor y lixiviados, además de mantener los RSU apartados del usuario. - Debido a su eficiencia en compactación y tiempos de operación, es apropiado para estaciones de transferencia con altos volúmenes de RSU y aquellas que necesitan transportar los residuos largas distancias. (como es el caso del municipio Sucre)

Desventajas

- El remolque debe estar diseñado para resistir la fuerza de compactación, esto sumado al peso a bordo del pistón de descarga (opcional) reducen la carga útil efectiva disponible para residuos.
- La cola del remolque o *container* tiende a estar sobrecargada y la parte frontal, tiende a estar ligera. El eje trasero cargado se aproxima al límite de la carga útil efectiva.
- Disponer de este tipo de tecnologías aumenta la inversión inicial. La "redundancia" aumenta los costos (requiere varias unidades compactadoras, más las de contingencias).
- La descarga tradicional por volteo puede ser peligrosa debido a la elevación de la carga de basura, por lo que el remolque debe usar tecnologías alternativas como *walking floor* (esta puede ralentizar la operación) o pistón de descarga.
- El costo unitario por remolque es mayor a un camión común.
- Cuando hay una avería en la compactadora, la estación de transferencia puede colapsar rápidamente al llenarse la capacidad de almacenamiento. Por lo que debe contar con logísticas de emergencia.
- Esta tecnología puede no ser la más apropiada para cierto tipo de residuos (materiales demasiado grandes, concreto, alambres, cables) que pudieran llegar a poner en riesgo el estado de la maquinaria.
- El sistema del compactador hidráulico puede producir contaminación sonora.
- Necesita consumir energía eléctrica considerable.
- Imposibilita o dificulta la posterior segregación y recuperación de los materiales, tomándolos así como desechos desde el momento en el que se originan, y no como residuos.
- Presenta rechazo por parte de la población, nadie quiere una ET cerca de su sitio de residencia.
- No genera, por sí sola, mayores beneficios considerables al medio ambiente.

NOTA: Existe un caso particular donde el pistón de compactación es propio de cada camión. Esta tecnología se descarta de antemano frente a la versión inicial, ya que el costo puede verse aumentado significativamente debido a las grandes cantidades de RSU que se manejan en el municipio, además tiende a necesitar más atención en los mantenimientos del vehículo.

Ejemplo en el mundo: Estación de Transferencia "Las Mayas", Municipio Libertador. Caracas. Venezuela

Análisis Referente a la Estación con Patios y Compactación Hidráulica Estacionaria dentro del Remolque en el Municipio Sucre

La compactación dentro del camión tiende a disminuir la cantidad de viajes necesarios al relleno sanitario, traduciéndose en una reducción de los costos de operación. A esto se suman los beneficios por el uso de remolques cerrados que prevengan el escape de lixiviados, hedor y residuos. Estos aspectos mencionados hacen de ésta, una ***posible alternativa*** a valorar dentro del estudio técnico-económico. La eficiencia en la gestión de RSU pudiera mejorar sustancialmente en cuanto a condiciones de traslado de los residuos, escenarios de operación, impedir la presencia de animales y de los segregadores informales descontrolados y aspectos estéticos. Por otra parte, al no demandar grandes extensiones de terreno, ni mayores

infraestructuras, lograría mostrarse como una opción inicialmente factible dentro del municipio Sucre.

4.3.1.3. ESTACIÓN CON PATIOS Y PRE-COMPACTACIÓN

Ventajas

- El remolque o *container* es completamente cerrado, encapsulando los residuos, esto previene que la lluvia entre y disminuye los escape de hedor y lixiviados, además de mantener los RSU apartados del usuario.
- Debido a su eficiencia en compactación y tiempos de operación, es apropiado para estaciones de transferencia con altos volúmenes de RSU, y aquellas que necesitan transportar los residuos largas distancias (como el caso del municipio Sucre).
- Permite usar un remolque o *container* ligero para incrementar la carga útil efectiva.
- La compactación consigue aumentar la densidad de los RSU dentro del remolque, buscando aumentar capacidades de carga para disminuir el número de viajes hacia el sitio de disposición final.

Desventajas

- Poco apropiado para cierto tipo de residuos (materiales demasiado grandes, concreto, alambres, cables) que pudieran llegar a poner en riesgo el estado de la maquinaria.
- Disponer de este tipo de tecnologías aumenta la inversión inicial. La "redundancia" aumenta los costos (requiere varias unidades compactadoras, más las de contingencias).
- El sistema del compactador hidráulico puede ocasionar ruidos molestos.
- Cuando hay una avería en la compactadora, la estación de transferencia puede colapsar rápidamente, al llenarse la capacidad de almacenamiento. Por lo que debe contar con logísticas de emergencia.
- La descarga tradicional por volteo puede ser peligrosa debido a la elevación de la carga de basura, por lo que el remolque debe usar tecnologías alternativas como *walking floor* (esta puede ralentizar la operación) o pistón de descarga.
- Necesita consumir energía eléctrica considerable.
- El sistema del compactador hidráulico puede producir contaminación sonora.
- Imposibilita o dificulta la posterior segregación y recuperación de los materiales, tomándolos así como desechos desde el momento en el que se originan, y no como residuos.
- No genera, por sí sola, mayores beneficios considerables al medio ambiente.
- Presenta rechazo por parte de la población, nadie quiere una ET cerca de su sitio de residencia.

Ejemplo de empresas ofertantes en el Mundo: *Harris* y *SSI Compaction Sistems*

Análisis Referente a la Estación con Patios y Pre-Compactación en el Municipio Sucre

Esta tecnología es muy semejante a la tecnología anterior, por lo que proporciona prácticamente las mismas ventajas al municipio Sucre. Por tanto, es una ***posible alternativa*** que debe ser incorporada al estudio técnico-económico. La diferencia que brinda esta tecnología con respecto a la anterior, es la flexibilidad de escogencia en el tipo de remolques con los cuales se puede trabajar en la transferencia de residuos al relleno sanitario; se pueden usar remolques livianos cerrados que permitan transportar la bala de residuos, no tienen que

estar reforzados. Al momento de producirse una falla en algún remolque de transferencia, éstos pueden ser sustituidos rápidamente por remolques donde la única restricción es que la bala de residuos quepa en el remolque (las compactadoras para este tipo de tecnología pueden ser reprogramadas de acuerdo a la longitud del remolque de transferencia), mientras que los camiones reforzados para la compactación dentro del camión, únicamente pueden ser sustituidos por remolques con las mismas especificaciones. Sin embargo, es indispensable, al igual que para el caso anterior, disponer de equipos y patio de vertido para emergencias, que permitan carga los residuos en los remolques por gravedad y sin compactación.

4.3.1.4. ESTACIÓN CON PRENSA ENFARDADORA

Ventajas

- Mayores índices de compactación de los residuos, remoción casi completa de los lixiviados en el proceso.
- Adecuado para estaciones de transferencia con altos volúmenes de RSU que necesitan ser transportados en largas distancias.
- Flexibilidad en el transporte. Los remolques de transferencia pueden ir desde plataformas abiertas que permiten aumentar la carga efectiva (más económicas y livianas), con una lona que cubra los fardos; hasta remolques cerrados y herméticos que encapsulen la basura y la alejen del medio ambiente.
- Los fardos, dispuestos en un *balefill* (relleno sanitario especializado para fardos), logran un aprovechamiento más eficiente del espacio de disposición, lo que le brinda al terreno, una mayor vida útil que un relleno sanitario común. Además un *balefill* puede ser un sector apartado dentro de un relleno sanitario tradicional de mayor tamaño.
- El enfardado también puede ser usado para preparar y facilitar el traslado de materiales reciclables.

Desventajas

- Poco apropiado para cierto tipo de residuos (materiales demasiado grandes, concreto, alambres, cables) que pudieran llegar a poner en riesgo el estado de la maquinaria.
- Cuando hay una avería en la enfardadora, la estación de transferencia puede colapsar rápidamente, al llenarse la capacidad de almacenamiento. Por lo que debe contar con logísticas de emergencia.
- Si no se cuenta con un *balefill* para la disposición de los fardos, el destrozo de éstos, expondrá los flejes peligrosamente, lo que acarreará averías a las máquinas dentro del relleno sanitario común, además de que el aprovechamiento eficiente del terreno se verá disminuido por la descompactación de los residuos.
- Disponer de esta tecnología aumenta la inversión inicial. La "redundancia" aumenta los costos (requiere varias unidades enfardadoras, más las de contingencias).
- Puede producir contaminación sonora.
- Si los materiales no vienen previamente separados, esta tecnología imposibilitará o dificultará la posterior segregación de los RSU, tomándolos así como desechos, y no como residuos.
- Presenta rechazo por parte de la población, nadie quiere un ET cerca de su sitio de residencia.
- No genera, por sí sola, mayores beneficios considerables al medio ambiente.

Ejemplo en el Mundo: Planta de Transferencia de Pompeya, Buenos Aires, Argentina.

Análisis Referente a la Estación con Prensa Enfardadora en el Municipio Sucre

Esta tecnología logra manejar gran cantidad de RSU, reduce la presencia de animales, tanto en la ET como en el *balefill*, disminuye la cantidad de viajes de transferencia, logra gran flexibilidad, calidad y estética en el transporte y operación de los residuos, aminora la presencia descontrolada de segregadores informales, tampoco no requiere de espacios e infraestructura enormes. Esto hace que este sistema se considere como ***posible alternativa*** para ser analizada en el estudio técnico-económico. Por otro lado, la gran particularidad que afecta a una estación con prensa enfardadora, es la exigencia de un relleno sanitario especializado para disponer los fardos. Como actualmente no existe un relleno sanitario de este tipo, la factibilidad de implementación se hace cuesta arriba. La disposición de fardos en rellenos sanitarios comunes, ocasiona riesgos para la maquinaria, ya que ésta debe encargarse de destrozar el fardo, y los flejes sueltos pueden provocar atascos y averías. Sin embargo a "La Bonanza" le queda una vida útil de 16 años aproximadamente, por lo que esta alternativa, podría servir en un futuro, estudiando la opción de desarrollar un *balefill* para la disposición de los fardos. También esta opción puede contribuir con la recuperación de materiales dentro del municipio (enfardado de materiales recuperados), como segunda fase de su implementación.

4.3.1.5. ESTACIÓN CON CONTENEDORES INTERMODALES

Ventajas

- Los contenedores poseen un diseño tal que puede ajustarse tanto a transporte en remolques de plataforma como en plataforma de ferrocarril o incluso en barco, lo que los hace una excelente opción para recorrer distancias de orden regional.
- Los contenedores tienen típicamente características de control de humedad y de olores.
- Los contenedores son reutilizables y de fácil descarga en el relleno sanitario (usualmente por volquetas).

Desventajas

- En Sucre, actualmente no se presenta la opción ni la necesidad de transportar los RSU por modos diferentes al automotor, por lo que la ventaja fundamental de este sistema queda anulada.
- Presenta rechazo por parte de la población, nadie quiere un ET cerca de su sitio de residencia.
- No genera, por sí sola, mayores beneficios considerables al medio ambiente.

NOTA: es una tecnología de transporte más que de tratamiento o pre-tratamiento de los residuos en la ET.
Ejemplo de empresa ofertante en el Mundo: Husmann Umwelt- Technik

Análisis Referente a la Estación con Contenedores Intermodales en el Municipio Sucre

La ventaja elemental de la tecnología con contenedores intermodales es que representa un sistema de transferencia tradicional que puede contar o no, con la compactación, pero que posee una cualidad extra al momento de transportar los residuos, ya que estos contenedores pueden ser trasladados fácilmente desde camiones de plataformas hacia trenes y barcos, o viceversa, lo que aporta gran flexibilidad al traslado. Por otro lado, el principal problema es que actualmente en el municipio no existen modos de transporte aparte del automotor para la movilización de carga, por lo que instalar un sistema intermodal de contenedores se considera inútil, a menos que se estudie la instalación de otros modos de transporte para los RSU del municipio Sucre. Por lo tanto, esta ***alternativa queda descartada***. Este sistema se justificaría si los costos de transferencia de RSU con remolques fueran mayores que la implementación de un proyecto para poder trasladarlos por tren o barco.

4.3.1.6. PLANTA RECUPERADORA DE MATERIALES (PRM)

Ventajas

- Reducción de las emisiones de gases invernaderos en el relleno sanitario (por el desvío de los RSU).
- Crea nuevas fuentes de trabajo, genera ingresos y reintegra material valioso para el sistema productivo.
- Reduce la cantidad de RSU que llegan al relleno sanitario, aumentando así la vida útil del mismo.
- Ayuda a conservar recursos naturales renovables y no renovables.
- Promueve conductas de preservación ambiental y, de las evaluadas, es la tecnología más amigable con el ambiente, después de la *prevención de residuos*, ya que su fin principal es la recuperación y reciclaje de los materiales (la separación en el origen es mucho más eficiente que cualquier planta recuperadora).

Desventajas

- Requiere de educación y participación pública y del desarrollo de un mercado estable para reciclables.
- Contaminación Sonora, polvo, malos olores y potenciales problemas de salud en los trabajadores.
- Puede requerir un subsidio para operar la planta recuperadora de materiales reciclables.
- Los RSU mezclados, están sucios y contaminados, siendo su procesamiento más complicado, más costoso y menos eficiente. Generalmente se trata material limpio.
- Requiere de continuidad de los proyectos en la administración municipal.
- La eficiencia de la planta disminuye a medida que aumentan los volúmenes de residuos.
- Es una solución de largo plazo.
- Necesita de una recolección razonablemente eficiente y regular.
- Una planta con separación manual, idealmente es para manejar bajos volúmenes de residuos.

Ejemplos en el Mundo: *PRM "limpios"*: Planta de Reciclaje, Centro de Gestión de Edmonton, Canadá. *PRM "sucios"*: COTECNICA BONANZA, en 2006, con el fin de organizar a sus segregadores informales, instaló una planta con separación manual, pero fracasó. En la actualidad las instalaciones están destruidas.

Análisis Referente a la Planta Recuperadora de Materiales (PRM) en el Municipio Sucre

En Sucre actualmente no hay separación desde el origen, así que sólo es posible una planta recuperadora de materiales "sucios". Ésta tiene una eficiencia mucho más baja que la de materiales "limpios". También, debido a la necesidad de desarrollar el mercado, y que, en todo comienzo de operaciones este desarrollo es lento, esta planta no alcanzará inicialmente una tasa de recuperación de reciclables optimizada para las PRM "sucios". Entonces, hipotéticamente, si se asume una tasa de recuperación estimada del 7%, basado en información de Leite y Penido (2006), RMCT (2003) y Waste Technology Dirty MRF [54]; en una planta donde se manejen 1350 ton/día en promedio, sólo se recuperarán alrededor de 95 ton/día de material reciclable, enviando al relleno sanitario una cantidad mayor a 1250 toneladas diarias de residuos (93% del total). Por lo que se deberá contar con una planta de transferencia convencional para trasladar los residuos no recuperados con una capacidad y costo similares a la capacidad y costo que tendría si no se implementara la PRM, y por lo tanto la alcaldía deberá cubrir los gastos de la planta recuperadora más los de la estación de transferencia (según RMCT [2003], sólo los costos de construcción de una PRM de 500 ton/día ronda los 5,4 MMUSD). Adicionalmente, no se cuenta con una planta de compostaje cercana que pueda tratar la materia orgánica, por lo que su tasa de recuperación sería *cero*.

Para que la planta recuperadora sea justificable y realmente eficiente, es necesaria una campaña integral en el municipio, que estimule la separación de los residuos en el origen, reorganice la recolección en función de ello, además, fomentar un desarrollo paulatino de la demanda de estos materiales en el mercado de producción y así concebir el proyecto como una PRM "limpios", donde estos materiales separados puedan ser tratados con tasas de recuperación que puedan llegar a ser del 90%. Así que mientras no exista separación en el origen y un mercado desarrollado en este sentido, los programas de reciclaje se verán estancados y no mostrarán un beneficio apreciable, que pueda justificar los costos que acarrean. Por tanto, tomando en cuenta la situación actual, esta ***alternativa queda descartada*** para el análisis en el estudio técnico-económico.

4.3.1.7. PLANTA DE COMPOSTAJE

Ventajas

- Reduce la cantidad de RSU que van al relleno sanitario, por lo que aumenta su vida útil.
- Genera puestos de trabajo y podría generar ingresos por la venta de compost.
- Su producto sirve para mejorar los suelos, el compost sirve de abono para fertilizar.
- Se evita la compra o utilización de los fertilizantes químicos. Además de preservar recursos naturales.
- Se reutilizan los nutrientes, que vuelven a la tierra y mejoran la salud de las plantas. Ayuda a la reincorporación de materiales al sistema productivo, tomándolos como residuos y no como desechos.

Desventajas

- Requiere de educación y participación ciudadana (Separación de los residuos en materia orgánica e inorgánica). Además debe ir acompañado por otro sistema para la transferencia de los residuos inorgánicos.
- No hay una cultura del manejo del compost, existe un desconocimiento de los beneficios del compost.
- Puede necesitar subsidios para operar la planta de compostaje. Además, se tiene la percepción de que es más costoso producir compost que disponer la basura orgánica en rellenos sanitarios.
- El manejo de plantas de compostaje a gran escala se debe estructurar a largo plazo y de manera gradual.
- Las fallas en equipamiento y maquinarias de la planta de compostaje puede causar retrasos considerables en la producción de compost, prrovocando inestabilidad en el mercado y en la continuidad del proceso.
- Necesita agua para la producción de compost y de un mercado para la comercialización del mismo.
- Ideal para bajos volúmenes de materia prima. (desde 0 a 10 Ton/día)
- Produce alta intensidad de ruido y malos olores que provocan incomodidad y rechazos en las comunidades cercanas.

Ejemplo en el mundo: Planta de Compostaje "Bordo Poniente". Distrito Federal, México.

Análisis Referente a la Planta de Compostaje en el Municipio Sucre

El compostaje, al ser analizado para el caso de Sucre, se muestra como una solución parcial y gradual a largo plazo, y no como una solución rápida al problema del municipio, debido a la necesidad de crear una cultura del manejo, usos y beneficios del compost. Actualmente no existe participación ciudadana en la separación de residuos orgánicos, que es indispensable para lograr que el compostaje sea más eficiente. Además, si bien el compostaje representa una oportunidad para mejorar el ambiente, también puede convertirse en un gasto innecesario, ya que estos proyectos necesitan de un mercado que reciba el compost, si no, este compost terminará disponiéndose en el relleno sanitario (dicho mercado no está desarrollado en Sucre, ni en sus alrededores). También es necesaria la continuidad institucional para que el programa de compostaje persista con el pasar del tiempo, ya que no es una obra que se construya y después continúe funcionando por sí sola; y actualmente, el municipio pareciera no contar con tal continuidad, debido a la marcada diferencia entre corrientes políticas.

Por otro lado, el compostaje no es capaz de tratar la totalidad de los residuos del municipio, ya que sólo se ocupa de tratar la materia orgánica, que, asumiendo que hay separación en el origen y una eficiencia óptima en el tratamiento, sólo representa cerca de una tercera parte de la totalidad, por lo que lo recomendable es que vaya acompañada de una PRM, incrementando así los costos, tomando en cuenta también los gastos de transferencia de los residuos que no puedan ser tratados. Entonces, encontrar un área apta lo suficientemente cerca o dentro del municipio para que el proyecto no se vea mermado por los costos de recolección y transporte de los RSU, se torna cuesta arriba, si además se toma en cuenta el rechazo y la incomodidad de las comunidades cercanas.

La ausencia de mercado obliga a trabajar de manera ascendente, comenzando con poca capacidad y aumentándola en función de la rentabilidad; el municipio necesita una solución rápida y contundente para este problema. Este tratamiento en particular necesita de gran abastecimiento de agua, que puede convertirse en un gran inconveniente en momentos de escasez del vital líquido. Con Base en todo lo expuesto, esta ***alternativa queda descartada***.

4.3.1.8. PLANTA INCINERADORA

Ventajas

- Reduce significativamente el volumen y peso de los RSU, lo que también disminuye significativamente los costos de disposición resultantes en el relleno sanitario, tomando en cuenta que parte de las cenizas pueden ser reutilizadas y no se dirigirán al relleno sanitario.
- Brinda una alternativa para los residuos que no pueden ser reciclados o tratados en compostaje.
- Genera energía en forma de calor, o electricidad para abastecer a comunidades vecinas.
- Transforma los RSU en un material prácticamente inerte para su disposición final o reutilización.
- Reduce las emisiones de gases invernaderos y aumenta la vida útil del relleno sanitario.
- Es ideal para tratar y manejar grandes cantidades de RSU.
- Se pueden aprovechar o vender los pedazos de metales ferrosos y no ferrosos recogidos.

Desventajas

- Requiere de un capital para su instalación y funcionamiento mucho mayor que las demás tecnologías evaluadas. Puede requerir un subsidio para instalar, implementar y operar la planta incineradora.
- Deben cumplirse a cabalidad y de manera imperativa, todos los protocolos de seguridad y mantenimiento, ya que la mala o deficiente operación del proceso conduce al aumento en las emisiones de gases tóxicos peligrosos para el ambiente y para la salud de los trabajadores y habitantes de la zona.
- Presenta rechazo por parte de la población, nadie quiere un ET cerca de su sitio de residencia.

Ejemplos en el Mundo: Anexos, Apéndice F

Análisis Referente a la Planta Incineradora en el Municipio Sucre

La incineración de los residuos del municipio Sucre se vuelve una solución muy atractiva para ser evaluada más a fondo como parte de la gestión y queda seleccionada como ***posible alternativa*** para ser evaluada en el estudio técnico-económico tomando en cuenta lo que se plantea a continuación.

Esta tecnología puede tratar los residuos mezclados, por lo que inicialmente no necesita de mayores esfuerzos y participación ciudadana para arrancar el proyecto. Si la incineración de los RSU de Sucre contara con la tecnología de horno rotativo, pudiera permitir la alimentación de residuos sólidos en formas, composiciones y tamaños variados; lo que le brinda mucha flexibilidad a la operación.

Al reducir los residuos en 90% del volumen y 70 a 75% del peso, Se puede reducir notablemente la cantidad de viajes de transferencia, lo que disminuye la cantidad de remolques necesarios para transportar las cenizas al relleno sanitario y por lo tanto se reducen los costos de transferencia propiamente. Además, las cenizas pueden ser reutilizadas para asfaltado o material de construcción.

Puede surgir preocupación en cuanto a la ceniza que resulta de la incineración de la basura, por la posible presencia de metales pesados y los potenciales efectos perjudiciales del bote de ceniza. Sin embargo:

> Los productos de la incineración (cenizas) son considerablemente más inertes que el material entrante (RSM), debido principalmente a la oxidación de los componentes orgánicos del flujo de residuos. Esto da por resultado que se generen menos problemas en el manejo del sitio de disposición final, ya que la fracción orgánica es responsable de la producción de gas y los compuestos orgánicos presentes en el sitio se lixivian. (Franke, Hindle, McDougall, White. 2004)

Como esta tecnología permite manejar grandes volúmenes de residuos, es ideal para el caso del municipio Sucre, el cual necesita soluciones determinantes y perentorias para

manejar, dentro de lo posible, la totalidad de la basura generada y de la mejor manera. Esta instalación inicialmente va dirigida a la quema masiva de los RSU, donde no exista ningún proceso o tratamiento previo, más allá de la remoción de partes demasiado grandes, pero lo ideal es que se logren organizar procesos de recuperación de residuos que permitan aumentar la eficiencia de la planta y reutilizar la mayor cantidad de materiales, antes de incinerar.

El mayor beneficio que brinda esta tecnología es la generación de energía mediante la incineración de residuos, lo cual en la situación actual de Venezuela suena muy oportuna debido a las irregularidades que sufre el sistema eléctrico nacional. Ésta tiene menor impacto ambiental que otras fuentes de electricidad convencionales. Sin embargo, se deben tomar en cuenta la composición y humedad de los residuos que se incineran, ya que afectan directamente la efectividad de la planta en cuanto a la generación de energía y el costo de la tonelada incinerada; así como la tarifa o valor que se le da a la energía generada, que tiene gran importancia dentro del aspecto económico y de la rentabilidad de esta operación.

Por otro lado, la necesidad de planificación a largo plazo dentro de la municipalidad y la continuidad para con el proyecto supone un obstáculo para la instalación de la planta y su operación eficiente en la situación de Sucre. También la ubicación de la planta incineradora representa un asunto inquietante, ya que se deben tomar en cuenta, la proximidad de los mercados para la energía generada y el hecho de que los vecinos presentarán un rechazo marcado por su preocupación debido a los posibles impactos asociados con el incinerador.

El panorama planteado para esta tecnología se ve con grandes virtudes y grandes defectos que se deben analizar más a fondo y con mayor detalle en el aspecto económico.

4.4. Estudio Técnico-Económico

En el caso algunos países latinoamericanos, así como en Venezuela, los servicios de aseo urbano no son autofinanciables, ya que los costos de la operación superan las ganancias

que se obtienen de dicho servicio. Esto hace que considerar el aspecto económico cobre mayor importancia para los entes responsables.

A continuación se reflejará detalladamente todo lo referente al estudio técnico-económico que se realiza con fines de comparar con mayor criterio y detalle las posibles alternativas para introducir en la gestión integral del manejo de RSU del municipio Sucre, ya que sin este estudio, el análisis o comparación que se pretende trazar entre las tecnologías evaluadas, no estaría completo. Se busca principalmente recopilar datos que permitan plantear una estimación acertada del aspecto económico que rodea a la puesta en marcha y operación de cada tecnología, sin embargo se debe tomar en cuenta, y con gran importancia, que los costos son muy difíciles de establecer con precisión puesto que dependen de muchos factores (tecnológicos, ambientales, legales, socioeconómicos, regulaciones de tarifas eléctricas, entre otros). Los valores utilizados en el estudio, pueden no ser los más cercanos a la realidad venezolana y del municipio, y lo que se busca es definir una base referencial bien sustentada que permita orientar una selección de propuesta en la gestión, con la mayor credibilidad posible buscando la menor incertidumbre.

4.4.1. Notas del Estudio Técnico-Económico

Previo al análisis propiamente, son necesarias ciertas acotaciones de los parámetros que se toman como fijos.

- Es importante recalcar que las cantidades manejadas son estimaciones y que estos valores cambiaran en el tiempo, según las condiciones específicas de cada localidad y según los equipos y/o maquinarias elegidas.
- Todo el Estudio Técnico Económico se realiza en moneda estadounidense (USD), con el propósito de evitar ajustes por inflación y para que el estudio sirva de referencia para investigaciones futuras. Los valores tomados inicialmente en bolívares, son pasados a

dólar americano, según el **cambio oficial de 4,30 Bs./USD**, ya que éstos se obtuvieron en fechas del 2012, antes de la devaluación de febrero del 2013.

- El factor pico de diseño de generación de los RSU para las diferentes tecnologías evaluadas en el estudio técnico económico es igual a 1,27 a excepción de la planta incineradora, que es 1,10. Nota: los valores picos de diseño son distintos al valor pico real, ya que, estas tecnologías tienen la capacidad de absorber este pico en diferentes medidas.
- Se debe tener en claro que la tasa de interés compuesto es un porcentaje que afecta a los valores futuros, que se convierten en *Valor Presente*, y una variación en este porcentaje podrá producir un cambio significativo en el resultado final. Se escoge un 10% ya que es un valor similar al utilizado en distintas entidades bancarias.
- La densidad de RSU suelta se consigue en la Tabla 17, apéndice I de los Anexos, como valor medio del rango dado para los RSU mezclados luego de ser vertidos por un camión compactador.
- Intuitivamente se busca una mayor capacidad efectiva para el transporte de la basura; por esta razón se evalúa camiones con remolques de configuración tipo *3S3*; y la norma COVENIN 614:1997 muestra un peso máximo de 48 toneladas incluyendo la tara.
- El peso de la cabeza tractora es un valor referencial que permite calcular la carga efectiva de residuos dentro de cada remolque. Normalmente el peso del *chuto* ronda las 7 toneladas y se mantendrá constante para las distintas tecnologías que se evalúan.
- Información suministrada por IMAPSAS indica que el promedio de viajes de un camión de transferencia es 1,85 viaje/camión/día.
- La vida útil de los equipos principales será igual a la vida útil de la estación de transferencia; mientras que los equipos secundarios, chutos y remolques requerirán una reposición cada 6 años aproximadamente durante la vida útil de cada ET.
- Los costos estimados para los equipos principales, complementarios, camiones, remolques y plataformas, están incrementados en un 27% para tomar en cuenta los costos por

importación e impuestos de nacionalización. Este valor es netamente referencial, ya que varía dependiendo del tipo de mercancía y por tanto es difícil de determinar con precisión.

- Todas las vidas útiles y los porcentajes utilizados para expresar los costos anuales estimados por operación y mantenimiento, tanto de la estación en general como de la flota, se determinan en función de la información y referencias del Ing. Erminio Di Lodovico, instruido en el tema. Excepto los porcentajes de operación y de mantenimiento de la planta incineradora, que están soportados por referencia bibliográfica (Bogdan, Lončar, y Schneider. 2010).
- La incineración reduce el volumen por vías distintas a la compactación, pero para efectos de cálculo se utiliza el nombre "**% de compactación**" de forma semejante para representar la disminución del volumen de RSU al ser procesados (las cenizas).
- Los viajes diarios mínimos de transferencia se calcularán para diferentes periodos, ya que, la cantidad de camiones semirremolques y sus conductores dependerán de la cantidad de RSU generados al final de estos periodos. Para este caso se entiende por periodo, el tiempo que existe entre las reposiciones de los camiones semirremolques. Estos periodos tienen una duración igual a la vida útil de los remolques (6 años) a excepción del cuarto y último periodo de los sistemas de compactación, que sólo durará dos años, ya que termina la vida útil de estas ETs.
- En las estaciones con compactación, existirá una remuneración, generada por el excedente de vida útil de los camiones semirremolques para el último periodo. La cual se considera despreciable para efectos de estudio técnico económico.
- El salario anual por chofer se estima en base al salario promedio de un conductor con residencia en Estados Unidos (USD 34.000/anual [55]) y comparando dicho salario con el salario anual aproximado de un chofer en Venezuela, para el 2012, de Bs. 130.000; que se traducen en USD 30.230 para un conductor en Venezuela. Por lo que se utiliza un salario anual de 32.000 USD.

- El costo por disposición de los residuos en el relleno sanitario "La Bonanza", se obtiene con base en los valores de la Tabla 18, apéndice I, de los Anexos.
- La eficiencia en cuanto a la generación de energía de la planta incineradora se fija en un 85% como un porcentaje conservador, debido a que este valor depende de la caracterización de los RSU y la tecnología empleada en la planta incineradora. Generalmente esta eficiencia es mayor al 90%; por lo que las ganancias en general se pueden ver incrementadas significativamente.
- La potencia de generación y la posible producción energética anual de la planta incineradora, se estimó mediante una tendencia aplicada según datos de incineradoras en EE.UU., porque no se cuenta con estudios fiables que muestren el poder calorífico de los residuos sólidos del municipio Sucre.
- Actualmente la tarifa de electricidad está fuertemente subsidiada. Para una vivienda que consume 400 kWh/mes, ésta se estima en 82,5 Bs./MWh, cuando realmente al Estado le cuesta 382,5 Bs./MWh [62].
- El consumo energético per cápita anual de Venezuela se estima en 2,966 MWh/hab/año, tomando como fuente el consumo total de 85.850.000 MWh [57] y una población total de 28.946.101 [60] para el año 2011.
- El consumo eléctrico per cápita no es constante en el tiempo; se decide estimar un crecimiento de consumo interanual del 1%, ya que, en los últimos 13 años se observa un comportamiento irregular, ajeno a cualquier tendencia [59]. Este valor de crecimiento se estima en 1% como un valor coherente para representar dicho crecimiento, porque en los últimos 6 años no han habido fluctuaciones significativas del consumo.
- En el cuadro se ven expresados *en rojo* los valores en totales brutos y luego se dividen entre la vida útil de cada tecnología con el fin de visualizar el costo de cada una en forma más comparable entre si.

PÁGINA DEJADA EN BLANCO
INTENCIONALMENTE

Tabla 5. Parámetros fijos - Costos

Tasa de interés compuesto	10,000%
Densidad RSU suelto (ton/m3)	0,21
Peso máximo permitido para camiones tipo *3S3* (ton/viaje)	48
Peso de la cabeza tractora (ton)	7
Nº viajes de un camión por día (viaje/camión.día)	1,85

4.4.2. ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO - COSTOS

Tabla 6. ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO - COSTOS			Tecnologías de Transferencia				
			(1) Sin compactación	(2) Compactación en Remolques	(3) Pre-Compactación	(4) Enfardadora	(5)
Instalación, operación, mantenimiento y reposiciones dentro de la estación de Transferencia	vida útil ET (años)		30,00	20,00	20,00	20,00	30,0
	Capacidad de diseño de RSU (ton/día)		1690	1530	1530	1530	147
	Volumen de diseño de RSU suelto (m3/día)		8048	7286	7286	7286	700
	Costo estimado de las Infraestructura (MMUSD)		3,00	3,30	3,30	3,00	278,
	Costo estimado de los equipos principales (MMUSD)		0,00	4,22	3,20	5,33	0,0
	Costo estimado de los equipos Complementarios (MMUSD)		3,94	1,02	1,02	1,52	1,0
	Costo Total de Inversión inicial de la planta (MMUSD)		**6,94**	**8,53**	**7,52**	**9,86**	**279,**
	Costo de Inversión inicial de la planta por año (MMUSD)		**0,23**	**0,43**	**0,38**	**0,49**	**9,3**
	Costo por operación anual, expresado en (%) de la inversión inicial		16,00%	12,50%	14,00%	12,50%	4,00
	Costo anual por operaciones expresado VF (MMUSD)		1,11	1,07	1,05	1,23	11,1
	Costo total por operaciones expresado VP (MMUSD)		**10,46**	**9,08**	**8,96**	**10,49**	**105,3**
	Costo por mantenimiento anual, expresado en (%) de la inversión inicial		10,00%	11,00%	11,00%	12,00%	3,00
	Costo anual por mantenimientos VF (MMUSD)		0,69	0,94	0,83	1,18	8,38
	Costo total por mantenimientos VP (MMUSD)		**6,54**	**7,99**	**7,04**	**10,07**	**78,9**
	Reposiciones de equipos VP (MMUSD)		**4,58**	**1,08**	**1,08**	**1,62**	**1,18**
	Costos Totales de implementación (MMUSD)		**21,59**	**18,15**	**17,08**	**22,18**	**185,4**
	Costos de implementación por año (MMUSD)		**0,72**	**0,91**	**0,85**	**1,11**	**6,18**
Valores dependientes de la eficiencia en operación de cada tecnología	Peso del remolque o plataforma (ton/viaje)		7,60	11,00	9,00	6,90	10,0
	Capacidad mecánica por Viaje (ton/viaje)		33,40	30,00	32,00	34,10	31,0
	Capacidad volumétrica por Viaje (m3/viaje)		91,00	50,00	50,00	60,00	50,0
	Densidad permitida óptima dentro del remolque (ton/m3)		0,37	0,60	0,64	0,568	0,62
	Porcentaje de Compactación (%)		30,00%	65,00%	70,00%	80,00%	90,00
	Volumen de RSU resultante (m3/día) (Ver Tabla 19. Complementaria en Anexos, apéndice I)	Periodo inicial	4333	2167	1857	1238	538
		Segundo periodo	4667	2333	2000	1333	576
		Tercer periodo	5000	2500	2143	1429	619
		Cuarto periodo	5300	2550	2186	1457	657
		Quinto periodo	5633	-	-	-	700
	Porcetaje de Reducción de la masa (%)		0,0%	5,0%	8,0%	15,0%	72,5%
	Masa RSU resultante (ton/día) (Ver Tabla 19. Complementaria en Anexos, apéndice I)	Periodo inicial	1300	1235	1196	1105	311
		Segundo periodo	1400	1330	1288	1190	333
		Tercer periodo	1500	1425	1380	1275	358
		Cuarto periodo	1590	1454	1408	1301	380
		Quinto periodo	1690	-	-	-	404
	Densidad RSU resultante (ton/m3)		0,30	0,57	0,64	0,89	0,58
	Viajes diarios mínimos (viajes/día) (Ver Tabla 19. Complementaria en Anexos, apéndice I)	Periodo inicial	47,6	43,3	37,4	32,4	10,8
		Segundo periodo	51,3	46,7	40,3	34,9	11,5
		Tercer periodo	54,9	50,0	43,1	37,4	12,4
		Cuarto periodo	58,2	51,0	44,0	38,1	13,1
		Quinto periodo	61,9	-	-	-	14,0
Flota, operación, mantenimiento y reposiciones de los vehículos de transferencia	Camiones mínimos + 25% contingencias (unid.)	Periodo inicial	33,00	30,00	26,00	22,00	8,00
		Segundo periodo	35,00	32,00	28,00	24,00	8,00
		Tercer periodo	38,00	34,00	30,00	26,00	9,00
		Cuarto periodo	40,00	35,00	30,00	26,00	9,00
		Quinto periodo	42,00	-	-	-	10,00
	Costo Cabeza Tractora (MMUSD)		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	Costo del remolque o plataforma (MMUSD)		0,066	0,100	0,060	0,030	0,080
	Costo unitario camión (MMUSD)		0,2108	0,2540	0,2032	0,1651	0,2286
	Costo total de la flota (MMUSD)	Periodo inicial	**6,96**	**7,62**	**5,28**	**3,63**	**1,83**
		Segundo periodo	**7,38**	**8,13**	**5,69**	**3,96**	**1,83**
		Tercer periodo	**8,01**	**8,64**	**6,10**	**4,29**	**2,06**
		Cuarto periodo	**8,43**	**8,89**	**6,10**	**4,29**	**2,06**
		Quinto periodo	**8,85**	-	-	-	**2,29**
	Costo promedio de la flota (MMUSD)		7,93	8,32	5,79	4,04	2,01
	Costos por operaciones y mantenimientos anuales, expresados en (%) del costo promedio		22,00%	25,00%	22,00%	22,00%	25,00%
	Costo anual promedio por operaciones y mantenimientos VF (MMUSD)		1,74	2,08	1,27	0,89	0,50
	Costo total medio por operaciones y mantenimiento VP (MMUSD)		**16,44**	**17,71**	**10,85**	**7,58**	**4,74**
	Reposición de los camiones VP (MMUSD)		**9,13**	**8,94**	**6,25**	**4,38**	**2,29**
	Costos Totales Transporte (MMUSD)		**32,53**	**34,26**	**22,38**	**15,58**	**8,86**

Valores dependientes de la eficiencia operación de cada tecnología	Porcentaje de Compactación (%)		30,00%	65,00%	70,00%	80,00%	90,00%
	Volumen de RSU resultante (m3/día) (Ver Tabla 19. Complementaria en Anexos, apéndice I)	Periodo inicial	4333	2167	1857	1238	538
		Segundo periodo	4667	2333	2000	1333	576
		Tercer periodo	5000	2500	2143	1429	619
		Cuarto periodo	5300	2550	2186	1457	657
		Quinto periodo	5633	-	-	-	700
	Porcetaje de Reducción de la masa (%)		0,0%	5,0%	8,0%	15,0%	72,5%
	Masa RSU resultante (ton/día) (Ver Tabla 19. Complementaria en Anexos, apéndice I)	Periodo inicial	1300	1235	1196	1105	311
		Segundo periodo	1400	1330	1288	1190	333
		Tercer periodo	1500	1425	1380	1275	358
		Cuarto periodo	1590	1454	1408	1301	380
		Quinto periodo	1690	-	-	-	404
	Densicad RSU resultante (ton/m3)		0,30	0,57	0,64	0,89	0,58
	Viajes diarios mínimos (viajes/día) (Ver Tabla 19. Complementaria en Anexos, apéndice I)	Periodo inicial	47,6	43,3	37,4	32,4	10,8
		Segundo periodo	51,3	46,7	40,3	34,9	11,5
		Tercer periodo	54,9	50,0	43,1	37,4	12,4
		Cuarto periodo	58,2	51,0	44,0	38,1	13,1
		Quinto periodo	61,9	-	-	-	14,0
Flota, operación, mantenimiento y reposiciones de los vehículos de transferencia	Camiones mínimos + 25% contingencias (unid.)	Periodo inicial	33,00	30,00	26,00	22,00	8,00
		Segundo periodo	35,00	32,00	28,00	24,00	8,00
		Tercer periodo	38,00	34,00	30,00	26,00	9,00
		Cuarto periodo	40,00	35,00	30,00	26,00	9,00
		Quinto periodo	42,00	-	-	-	10,00
	Costo Cabeza Tractora (MMUSD)		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	Costo del remolque o plataforma (MMUSD)		0,066	0,100	0,060	0,030	0,080
	Costo unitario camión (MMUSD)		0,2108	0,2540	0,2032	0,1651	0,2286
	Costo total de la flota (MMUSD)	Periodo inicial	**6,96**	**7,62**	**5,28**	**3,63**	**1,83**
		Segundo periodo	**7,38**	**8,13**	**5,69**	**3,96**	**1,83**
		Tercer periodo	**8,01**	**8,64**	**6,10**	**4,29**	**2,06**
		Cuarto periodo	**8,43**	**8,89**	**6,10**	**4,29**	**2,06**
		Quinto periodo	**8,85**	-	-	-	**2,29**
	Costo promedio de la flota (MMUSD)		7,93	8,32	5,79	4,04	2,01
	Costos por operaciones y mantenimientos anuales, expresados en (%) del costo promedio		22,00%	25,00%	22,00%	22,00%	25,00%
	Costo anual promedio por operaciones y mantenimientos VF (MMUSD)		1,74	2,08	1,27	0,89	0,50
	Costo total medio por operaciones y mantenimiento VP (MMUSD)		**16,44**	**17,71**	**10,85**	**7,58**	**4,74**
	Reposición de los camiones VP (MMUSD)		**9,13**	**8,94**	**6,25**	**4,38**	**2,29**
	Costos Totales Transporte (MMUSD)		**32,53**	**34,26**	**22,38**	**15,58**	**8,86**
	Costos Transporte por año (MMUSD)		**1,08**	**1,71**	**1,12**	**0,78**	**0,30**
Correspondiente al pago de transportistas	Nº de transportistas (Per.)	Periodo inicial	66	60	52	44	16
		Segundo periodo	70	64	56	48	16
		Tercer periodo	76	68	60	52	18
		Cuarto periodo	80	70	60	52	18
		Quinto periodo	84	-	-	-	20
	Nº de transportistas promedio (Per.)		76	66	57	49	18
	Salario estimado anual por transportista (MMUSD)		0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
	Gasto anual promedio por pago de transportistas VF (MMUSD)		2,43	2,11	1,82	1,57	0,58
	Gastos Totales por pago a transportistas VP (MMUSD)		**22,93**	**17,98**	**15,53**	**13,35**	**5,43**
	Gastos por pago a transportistas VP por año (MMUSD)		**0,76**	**0,90**	**0,78**	**0,67**	**0,18**
Referente al costo de la disposición final	Costo unitario de la disposición (MMUSD/ton)		0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,00002
	Costo Total por disposición VP (MMUSD) (Ver Tabla 19. Complementaria en Anexos, apéndice I)		**72,90**	**61,28**	**59,34**	**54,83**	**20,05**
	Costo por disposición por año VP (MMUSD)		**2,43**	**3,06**	**2,97**	**2,74**	**0,67**
TOTAL	**Costo Total VP (MMUSD)**		**156,88**	**140,20**	**121,85**	**115,80**	**499,1**
TOTAL/VIDA ÚTIL	**Costo por año (MMUSD)**		**5,23**	**7,01**	**6,09**	**5,79**	**16,64**

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO - COSTOS			Tecnologías de Transferencia				
			(1) Sin compactación	(2) Compactación en Remolques	(3) Pre-Compactación	(4) Enfardadora	(5) Planta Incineradora
Instalación, operación, mantenimiento y reposiciones dentro de la estación de Transferencia	vida útil ET (años)		PARTE A				
	Capacidad de diseño de RSU (ton/día)						
	Volumen de diseño de RSU sacho (m3/día)						
	Costo estimado de las Infraestructura (MMUSD)						
	Costo estimado de los equipos principales (MMUSD)						
	Costo de los equipos Complementarios (MMUSD)						
	Costo Total de Inversión inicial de la planta (MMUSD)						
	Costo Inversión inicial de la planta por año (MMUSD)						
	Costo operación anual, en (%) de la inversión inicial						
	Costo anual por operaciones expresado VF (MMUSD)						
	Costo total por operaciones VP (MMUSD)						
	Costo mantenimiento anual, (%) de la inversión inicial						
	Costo anual por mantenimientos VF (MMUSD)						
	Costo total por mantenimientos VP (MMUSD)						
	Reposiciones de equipos VP (MMUSD)						
	Costos Totales de implementación (MMUSD)						
	Costos de implementación por año (MMUSD)						
Valores dependientes de la eficiencia en operación de cada tecnología	Peso del remolque o plataforma (ton/viaje)		PARTE B				
	Capacidad mecánica por Viaje (ton/viaje)						
	Capacidad volumétrica por Viaje (m3/viaje)						
	Densidad permitida óptima dentro del remolque (ton/m3)						
	Porcentaje de Compactación (%)						
	Volumen de RSU resultante (m3/día)	Periodo inicial					
		Segundo periodo					
		Quinto periodo					
	Porcentaje de Reducción de la masa (%)						
	Masa RSU resultante (ton/día)	Periodo inicial					
		Segundo periodo					
		Quinto periodo					
	Densidad RSU resultante (ton/m3)						
	Viajes diarios mínimos (viajes/día)	Periodo inicial					
		Segundo periodo					
		Quinto periodo					
Flota, operación, mantenimiento y reposiciones de los vehículos de transferencia	Camiones mínimos + 25% contingencias (unid.)	Periodo inicial	PARTE C				
		Segundo periodo					
		Quinto periodo					
	Costo Cabeza Tractora (MMUSD)						
	Costo del remolque o plataforma (MMUSD)						
	Costo unitario camión (MMUSD)						
	Costo total de la flota (MMUSD)	Periodo inicial					
		Segundo periodo					
		Quinto periodo					
	Costo promedio de la flota (MMUSD)						
	Costos por operaciones y mantenimientos anuales, en (%) del costo promedio						
	Costo anual promedio por operaciones y mantenimientos VF (MMUSD)						
	Costo total medio por operaciones y mantenimiento VP (MMUSD)						
	Reposición de los camiones VP (MMUSD)						
	Costos Totales Transporte (MMUSD)						
	Costos Transporte por año (MMUSD)						
Correspondiente al pago de transportistas	N° de transportistas (Per.)	Periodo inicial	PARTE D				
		Segundo periodo					
		Quinto periodo					
	N° de transportistas promedio (Per.)						
	Salario estimado anual por transportista (MMUSD)						
	Gasto anual promedio por pago de transportistas VF (MMUSD)						
	Gastos Totales por pago a transportistas VP (MMUSD)						
	Gastos por pago a transportistas VP por año (MMUSD)						
Referente al costo de la disposición final	Costo unitario de la disposición (MMUSD/ton)		PARTE E				
	Costo Total por disposición VP (MMUSD)						
	Costo por disposición por año VP (MMUSD)						
TOTAL	Costo Total VP (MMUSD)		COSTO TOTAL				
TOTAL/VIDA ÚTIL	Costo por año (MMUSD)						

Figura 25. Esquema Referencial del Estudio Técnico Económico – Costos

La Figura 25 se plantea para facilitar la explicación que se realiza a continuación.

4.4.4. Metodología del Estudio Técnico Económico - Costos

Primero, en la Tabla 5. se tienen los valores que sirven como parámetros comunes o fijos para los costos de las cinco tecnologías que se evalúan, para luego proceder con el *Estudio técnico económico de Costos* en la Tabla 6. El cual, como se ve en la Figura 25, se subdivide en varias partes.

Como premisas iniciales se asume, como en la situación actual, que La *Estación de Transferencia* es Propia de la Alcaldía y el *Relleno Sanitario* es Ajeno a ella.

Es necesario destacar que todos los valores de orden económico se expresarán en millones de dólares estadounidenses (MMUSD).

NOTA: se asume que el servicio de *Recolección* será exactamente igual y costará lo mismo para todas las tecnologías, por lo que no se incluye en el análisis de costos.

La "PARTE A" se denomina **"Instalación, operación, mantenimiento y reposiciones dentro de la estación de Transferencia"**

En esta primera parte se busca estimar a grandes rasgos los costos de inversión inicial, los costos de operación y mantenimiento anuales, así como las reposiciones de equipo periódicas de la siguiente manera:

Comienza Parte A

Inicialmente se proyecta para una **vida útil, estimada en años** para cada tecnología. Dependiendo de la tecnología, se evalúan proyectos con una vida útil de 20 años o de 30 años.

Se procede a estimar una Capacidad de RSU a procesar diariamente tomando en cuenta la tendencia del crecimiento poblacional y la ecuación de RSU de diseño para el final de la vida útil de cada Tecnología. **Capacidad de diseño de RSU (ton/día)**

Se estima un **Costo Total de Inversión inicial de la planta (MMUSD)** como la suma de: **Costo estimado de la Infraestructura (MMUSD)**, el **Costo estimado de los equipos principales (MMUSD)** y del **Costo estimado de los equipos complementarios (MMUSD)**.

Luego éste se divide entre su vida útil y se obtiene el **Costo de Inversión inicial de la planta por año (MMUSD)**

Una vez calculado el costo inicial, se procede a buscar el **Costo por operación anual, expresado en porcentaje (%) de la inversión inicial.**

Este porcentaje es una estimación de la media de los porcentajes que representaría la operación para cada año de vida útil de la tecnología, incluye los gastos por sueldo de los trabajadores dentro de la estación.

Ahora, Multiplicando el costo inicial total por el porcentaje, se obtiene este valor del **Costo anual por operaciones expresado en Valor Futuro (MMUSD).**

Teniendo estos valores de costo anual en valor futuro y mediante la formula a continuación, se calcula el valor que representan todos estos costos en el presente, obteniendo el **Costo total por operaciones expresado en Valor Presente (MMUSD)**

Formula de Valor Presente de una Anualidad *(4)*

$$VP(A) = \frac{A}{i} * \left[1 - \frac{1}{(1+i)^n}\right]$$

Donde A es el Valor Futuro calculado (anualidad), i es la tasa de interés compuesto y n es la vida útil.

Seguidamente se proceden a calcular los costos por mantenimiento. Con el **Costo por mantenimiento anual, expresado en (%) de la inversión inicial** y utilizando la misma secuencia de cálculos que se realizó con los costos por operaciones, se consiguen, el **Costo anual por mantenimientos VF (MMUSD)** y el **Costo total por mantenimientos VP (MMUSD).**

Ahora, el Costo inicial por adquisición de equipos *complementarios*, implica una renovación periódica, ya que la vida útil de estos equipos es menor a la vida útil de la planta (se asume una vida útil de 6 años) por lo que será necesaria una reposición de estos equipos cada vez que lleguen al final de su vida útil. Pero como estos costos se generan en el futuro (Valor Futuro VF) deberán transformarse en Valor Presente y así llegar a las **Reposiciones de equipos VP (MMUSD)** mediante la siguiente formula:

Formula de Valor Presente acumulado *(5)*

$$VP = \sum_{t=0}^{n} \frac{VFt}{(1+i)^t}$$

Donde i es la tasa de interés compuesto, t es el tiempo en años, VFt representa el costo de renovación de los equipos para un tiempo t cualquiera en años, VFt será mayor a cero cuando t sea igual a los tiempos estimados de renovación de equipos, es decir, 6, 12, 18 y 24 años para tecnologías con vida útil de 30 años, y solo 6, 12 y 18 años para tecnologías con vida útil de 20 años.

Una vez conseguidos los gastos de operación, mantenimiento y reposiciones, todos en Valor presente, se suman y se obtienen los **Costos Totales de Implementación (MMUSD).**

Luego, este valor se divide entre su vida útil y se obtienen los **Costos de implementación por año (MMUSD)**

Termina Parte A

Luego se pasa a la "PARTE B", denominada **Valores dependientes de la eficiencia en operación de cada tecnología**

Esta parte engloba datos y cálculos que permiten comparar el efecto de cada tecnología sobre los residuos y traducir esto en el número de viajes que son necesarios diariamente para transferir el total de toneladas producidas.

Comienza Parte B

Entre los parámetros fijos se tiene el peso máximo permitido por *camión tipo 3S3* y el peso propio de la cabeza tractora, y en esta sección se colocan los datos referentes al peso propio de los remolques de tres ejes que cargarían la basura (**Peso del remolque o plataforma (ton/viaje)**) el cual corresponde a un remolque con dimensiones especificas y con cierta capacidad volumétrica que podrá variar según la tecnología, esto se hace con el fin de calcular la **Capacidad mecánica que tiene el camión (en toneladas)**.

Según la siguiente formula básica:

$$CM = Pmp - Pct - Pr \tag{6}$$

Donde CM es la capacidad mecánica, Pmp es el Peso Máximo Permitido, Pct es el Peso de la Cabeza Tractora del camión y Pr es el Peso del Remolque.

Luego, dividiendo esta **Capacidad mecánica por Viaje (ton/viaje)** entre la **Capacidad volumétrica por Viaje (m3/viaje)**, se puede calcular la **Densidad permitida óptima dentro del remolque (ton/m3).** Este valor se calcula con el fin de poder compararlo con la **Densidad RSU resultante (ton/m3)** (después del tratamiento).

Esta densidad final es dependiente del efecto que tiene cada tecnología sobre la basura y se calcula, con el uso del **Porcentaje de Compactación (%)** y el **Porcentaje de Reducción de la masa (%)**.

El **Porcentaje de compactación (%)** se utiliza para relacionar el volumen inicial suelto de los residuos con su volumen final una vez sometido a la aplicación de la tecnología.

NOTA: la incineración reduce el volumen por vías distintas a la compactación, pero para efectos de cálculo se utiliza el nombre "**% de compactación**" de forma semejante para hallar el nuevo volumen de RSU luego de procesado (las cenizas).

La aplicación de estas tecnologías, no solo reduce el volumen de los residuos, sino que también puede reducir su masa.

El **de reducción de la masa (%)** se aplica debido a los efectos de la incineración o por un drenaje de lixiviados en el momento de la compactación, y relaciona la masa inicial de residuos con la masa resultante una vez procesados.

Con ambos porcentajes de reducción y mediante las formulas (7) y (8) se obtienen respectivamente el **Volumen de RSU resultante (m3/día)** y la **Masa RSU resultante (ton/día)** para cada periodo, para luego con la formula (9) calcular la **Densidad RSU resultante(ton/m3)**, la cual permanece constante durante todos los periodos.

$$Vf = Vo * (100\% - \%Comp.) \quad (7) \qquad Mf = Mo * (100\% - \%R.masa) \quad (8)$$

$$Df = \frac{Mf}{Vf} \quad (9)$$

Donde:

Vo es **Volumen de RSU suelto (m3/día)** al final de cada periodo Tabla 19. Complementaria

%Comp. es el porcentaje de compactación

Vf es el **Volumen de RSU resultante (m3/día)** al final de cada periodo

Mo es **Masa de RSU pico SIN PROCESAR (ton/día)** al final de cada periodo.

%R.masa es el porcentaje de reducción de la masa

Mf es la **Masa RSU resultante (ton/día)** al final de cada periodo.

Y *Df* es la **Densidad RSU resultante (ton/m3)**

A continuación se procede a comparar la **Densidad permitida óptima dentro del remolque (ton/m3)** con la **Densidad RSU resultante (ton/m3)** con el fin de calcular la cantidad de **Viajes diarios mínimos (viajes/día)** al relleno sanitario para el final de cada periodo de la siguiente manera:

Si la **Densidad permitida óptima dentro del remolque (ton/m3)** es MAYOR que la **Densidad RSU resultante (ton/m3)**, el camión podrá ser llenado completamente con RSU. Es decir que el limitante es el volumen que puede contener el remolque.

Entonces los **Viajes diarios mínimos (viajes/día)** de cada periodo, se calculan dividiendo el **Volumen de RSU resultante (m3/día)** al final de cada periodo, entre la **Capacidad volumétrica por Viaje (m3/viaje)**

Si la **Densidad permitida óptima dentro del remolque (ton/m3)** es MENOR que la **Densidad RSU resultante (ton/m3)**, el remolque deberá ser llenado de RSU hasta alcanzar la Capacidad Mecánica. Es decir que el limitante es el peso o masa de RSU que se permite cargar según la norma *COVENIN 614:1997*. El Remolque NO podrá ser llenado completamente.

Entonces los **Viajes diarios mínimos (viajes/día)** de cada periodo se calculan dividiendo la **Masa RSU resultante (ton/día)** al final de cada periodo, entre la **Capacidad mecánica por Viaje (ton/viaje)**.

Termina Parte B

Finalizado este cálculo de los viajes diarios, se pasa a la "PARTE C" del cuadro principal, denominada **Flota, operación, mantenimiento y reposiciones de los vehículos de transferencia.**

En esta parte se calculan: las unidades de transferencia necesarias en cada periodo para cubrir el número de viajes diarios resultantes al final del mismo; el costo de inversión en la flota inicial, los costos de reposición y los costos promedio por operación y mantenimiento en Valor Presente.

Comienza Parte C

Para empezar en los **Parámetros Fijos** se encuentra el dato referente al **N° viajes de un camión por día (viaje/camión.día)** y de la Parte B se obtienen los **Viajes diarios mínimos (viajes/día)** al final de cada periodo.

Se dividen los viajes diarios entre el número de viajes por camión al día, para conseguir la mínima cantidad de camiones necesarios para cubrir la transferencia de los RSU producidos en un día y se le añade un 25% por contingencias y este número se redondea hacia el entero inmediato superior, obteniendo así los **Camiones mínimos + 25% contingencias (unid.)**; este será el total de unidades de transferencia que conformarán la flota para cada uno de los periodos.

Sabiendo el total de unidades que conforman la flota para cada periodo, se requiere el **Costo unitario camión (MMUSD)**, el cual será igual al Costo **Cabeza Tractora (MMUSD)** más el **Costo del remolque o plataforma (MMUSD)**, los cuales son valores de referencia asociados a los modelos más apropiados que se podrían utilizar para cubrir el servicio. Ahora, el **Costo total de la flota (MMUSD)** para cada periodo será el **Costo unitario camión (MMUSD)** multiplicado por el número de **Camiones mínimos + 25% contingencias (unid.)** respectivo.

Se definen los **Costos por operaciones y mantenimientos anuales, expresados en (%) de la inversión inicial**, con ellos se calcula el **Costo anual promedio por operaciones y mantenimientos VF (MMUSD)** recordando que se genera en Valor Futuro, por lo que, mediante la misma *Formula (4) De Valor Presente de una Anualidad*, se calcula el **Costo total medio por operaciones y mantenimiento en Valor Presente (MMUSD).** Ahora se procede a calcular el costo por **Reposición de los camiones VP (MMUSD).** Transformando los **Costos totales de la flota** (de los periodos dos, tres, cuatro y cinco) en Valor Presente, para sumarlos haciendo uso de la *Formula (5) de Valor Presente acumulado.*

Luego se deben calcular los **Costos Totales Transporte (MMUSD)** los cuales se hallan sumando: el **Costo total de la flota inicial (MMUSD)**, el **Costo total medio por operaciones y mantenimiento VP (MMUSD) y** el costo por **Reposición de los camiones VP (MMUSD)**. Para finalizar la Parte C del cuadro, se divide este valor entre su vida útil y se obtienen los **Costos de Transporte por año (MMUSD)**

Termina Parte C

La "PARTE D" es referente a la nómina de los trabajadores involucrados en el transporte de Residuos y es denominada **Correspondiente al pago de transportistas.**

Comienza Parte D

Para empezar se estima el **Nº de Transportistas (Per.)** que operarían los camiones de transferencia para cada periodo, calculando dos choferes por camión para cubrir los turnos diurno y nocturno y cada uno se multiplica por un **Salario estimado anual por transportista (MMUSD)** y así se calculan los **Gastos anuales por pago de transportistas en Valor Futuro (MMUSD)**

Luego se procede de nuevo a aplicar la *Formula (4) De Valor Presente de una Anualidad* para llevarlos a Valor Presente y obtener los **Gastos Totales por pago a transportistas VP (MMUSD)** para dividirlo entre la vida útil y obtener así los **Gastos por pago a transportistas VP por año (MMUSD).**

Termina Parte D

Seguidamente está la "PARTE E" del cuadro, la cual es **Referente al costo de la disposición final.** El detalle de los cálculos se refleja en la Tabla 19. Complementaria.

Comienza Parte E

Con el **Costo unitario de la disposición (MMUSD/ton)** que se cobra en el Relleno Sanitario "La Bonanza" y la **Masa promedio resultante a disponer (ton/día)** multiplicada por los 365 días del año; se calcula el **Costo por disposición anual en Valor Futuro (MMUSD/año).**

Con este costo en Valor Futuro se calcula el **Costo anual de la disposición en Valor Presente (MMUSD)** y se suman para cada año de vida útil de cada ET. Se consigue el **Costo Total por disposición VP (MMUSD)** recurriendo a la *Formula (5) De Valor Presente acumulado*. Ver Tabla 19. Complementaria en Anexos, apéndice I.

Este valor se divide de nuevo entre la vida útil de cada ET y se obtiene el **Costo por disposición por año VP (MMUSD)**

Termina Parte E

Luego, se toman los siguientes valores:

Costos Totales de Inversión e Implementación (MMUSD)

Costos Totales Transporte (MMUSD)

Gastos Totales por pago a trabajadores VP (MMUSD)

Costo Total por disposición VP (MMUSD)

Y se suman, obteniendo así el **Costo Total VP (MMUSD)**. Pero estos costos están asociados a vidas útiles diferentes para cada caso, por lo que se divide el **Costo Total VP (MMUSD)** entre la Vida útil de cada tecnología, con el fin de que estos Resultados sean comparables entre si.

Como resultado queda:

Costo por año (MMUSD)

Una vez finalizados los cálculos referentes a los costos se procede a calcular la ganancia agregada que pudiera conseguir la planta incineradora por la generación de electricidad.

4.4.5. Metodología del Estudio Técnico Económico – Ganancias

NOTA: En el cuerpo principal del trabajo, sólo se agrega lo referente a parámetros fijos y resultados del estudio técnico económico de ganancias. En los anexos, apéndice J se añaden las tablas referentes a cálculos numéricos.

Comienza explicación del Estudio Técnico Económico – Ganancias

PARTE ÚNICA

En la Tabla 20 (Apéndice J de los Anexos) se muestran los años en los que trabajaría la planta, junto con la población del municipio estimada y la generación de RSU promedio que esta población representa para cada año de su vida útil. Datos utilizados para calcular la **Generación de electricidad promedio anual (MWh)** según la formula de tendencia (11) obtenida en Anexos, apéndice J. La cual se multiplica por 365 días y 24 horas (para que dé en MWh) y luego por la eficiencia asumida en los parámetros fijos.

NOTA: Esta ecuación arroja como resultado la *potencia de generación* promedio, en Megavatios para un año dado, en función del promedio de residuos incinerados y luego, multiplicada por el tiempo de un año (en horas) y por la eficiencia, se convierte en *energía generada* en Megavatios-hora.

En la Tabla 7. se tienen los parámetros que se utilizan para realizar los cálculos de las Tablas 21 y 22, ubicadas en el apéndice J de los Anexos y entre los valores encontrados ahí se tiene la **Capacidad bruta de generación máxima (MW)** la cual es calculada según la formula de tendencia (11) obtenida en anexos, apéndice J, pero utilizando como valor de diseño el obtenido como **Capacidad de RSU a procesar al final de la vida útil (ton/día)** en estudio de costos.

Pasando a la Tabla 21. se deben hallar, primeramente, los valores de **Ganancia anual según tarifa VF (MMUSD)** para cada uno de los años de la vida útil, multiplicando la **Generación de electricidad promedio anual (MWh)** por la **Tarifa de la energía (USD/MWh)** (dividido entre un millón para obtener MMUSD) recordando que estos valores están en Valor Futuro.

Luego cada uno es llevado a Valor Presente obteniendo la **Ganancia anual según tarifa VP (USD)** y luego sumados para obtener la **Ganancia total según tarifa en Valor Presente (MMUSD)** según indica la Formula (5).

En segundo lugar se halla la **Ganancia anual según costo real VF (MMUSD)** para cada uno de los años de la vida útil, multiplicando la **Generación de electricidad promedio anual (MWh)** por el **Costo Real de la energía para el estado (USD/MWh)** (dividido entre un millón para obtener MMUSD) recordando que estos valores están en Valor Futuro.

Luego cada uno es llevado a Valor Presente obteniendo la **Ganancia anual según costo real VP (USD)** y luego sumados para obtener la **Ganancia total según costo real en Valor Presente (MMUSD)** según indica la Formula (5).

Luego estos valores de **Ganancia total *según tarifa* en Valor Presente (MMUSD)** y **Ganancia total *según costo real* en Valor Presente (MMUSD)** se dividen entre la vida útil de la planta para obtener la **Ganancia por año para la incineradora (MMUSD)** tanto según tarifa subsidiada como según costo real.

NOTA: La **Ganancia por año para la incineradora (MMUSD)** según costo real será la utilizada en la Tabla 9. de resultados finales para evaluar las pérdidas netas de las cinco tecnologías.

Se procede con el desarrollo de la Tabla 22, comenzando por el cálculo del **Consumo anual per cápita (MWh)** para cada año de vida útil de la planta, según la fórmula siguiente:

$$Cpc_n = Cpc_0 * (1 + \%_{cc})^n \tag{10}$$

Donde: Cpc_0 es el **Consumo per cápita anual registro 2011 (MWh)** para un año base *0*; $\%_{cc}$ es el porcentaje de **Crecimiento del consumo interanual estimado**; *n* es el tiempo, expresado en años, que ha transcurrido desde el año tomado como base; y Cpc_n es el **Consumo anual per cápita (MWh)** para un año *n* dado.

De esta forma, se procede a calcular el número de **Personas Abastecidas de energía eléctrica** de cada año, dividiendo la **Generación de electricidad promedio anual (MWh)** entre el **Consumo anual per cápita (MWh)** de ese año. (Luego se promedian los valores obtenidos para cada año para tener el valor medio de personas abastecidas durante la vida útil de la planta)

Por último, este valor de **Personas Abastecidas de energía eléctrica** de cada año, se divide entre el valor de la **Población del municipio Sucre (hab.)** de ese mismo año, para obtener el Porcentaje del municipio abastecido de cada año. (Luego se promedian los valores obtenidos para cada año para tener el valor medio del porcentaje personas abastecidas del municipio Sucre durante la vida útil de la planta)

Termina explicación del Estudio Técnico Económico – Ganancias

PARTE ÚNICA

Para finalizar el estudio, en la Tabla 9. se reflejan las **Pérdidas** netas de cada tecnología, calculadas restando los costos totales menos las ganancias obtenidas, tanto en valores globales, como en valores por año. (Recordando que la única tecnología con ganancias agregadas es la planta incineradora)

4.5. Análisis de Resultados del Estudio Técnico Económico

En un principio se tiene el estudio referente a la inversión inicial de cada tecnología, donde se obtiene el costo estimado por la instalación de la infraestructura junto con los equipos principales y complementarios necesarios para la puesta en marcha de la estación (no se considera la inversión en remolques).

Se observa que la inversión inicial total de la estación Sin Compactación es la más económica con 6,94 MMUSD, pero sólo con una diferencia de 0,58 MMUSD (un 8% mayor), le sigue la opción de Pre-Compactación. Pero esta diferencia se incrementa porcentualmente hasta un 65% al tomar en cuenta el costo de inversión inicial *por año*. Luego la Compactación en Remolques y la Enfardadora requieren, respectivamente, un 87% y un 113% más de inversión inicial por año respecto a la requerida por la estación Sin Compactación, esto se debe a que ambas requieren maquinarias mucho más costosas. Ahora, referente a la incineradora se ve que su inversión propiamente es, 19 veces mayor a la Enfardadora y 40 veces mayor a la estación Sin Compactación, debido a la complejidad y seguridad que requiere en el proceso.

En segundo lugar, se tienen los costos por operación, mantenimiento y reposición de equipos dentro de la estación, englobados como costos de implementación. Al analizar detalladamente los costos de implementación, se observa que la operación genera costos similares para los cuatro sistemas de pre-tratamiento. En mantenimiento se comportan de manera similar a excepción de la enfardadora que muestra un ligero aumento en relación a las otras tres, sin olvidar que la operación y el mantenimiento del proceso de incineración son mucho más costosos. Por otro lado, cuando se evalúan los costos por Reposición de equipos, el escenario cambia, donde ahora la estación Sin Compactación cuadruplica a las demás, ya que cuenta con más maquinaria de corta vida útil.

A grandes rasgos, los costos de implementación de las primeras cuatro tecnologías, son relativamente similares al compararse con la implementación de la incineradora, que cuesta cerca de 6,9 veces más, en promedio.

En tercer lugar se tienen los resultados del número de viajes diarios para cada periodo por tecnología, que directamente son dependientes de la generación de RSU (que aumenta con el tiempo), de las capacidades de los remolques y de la eficiencia de cada tecnología en cuanto a los porcentajes de compactación y de reducción de la masa. Aunque hay que tomar en cuenta que para el sistema Sin Compactación se presenta un remolque de paredes de aluminio con gran capacidad volumétrica ($91m^3$) y de peso relativamente liviano (7,6 ton) en comparación con otros remolques, que contribuye a disminuir la cantidad de viajes de transferencia, pero en la práctica parece no ser el más adecuado por reflejar fragilidad ante el burdo manejo de los desechos que implica esta tecnología y en realidad se tenderá a usar remolques más resistentes que generalmente no tienen tal capacidad volumétrica, produciendo un aumento en la cantidad de viajes.

Observando los viajes diarios demandados por cada configuración para cada periodo, se detalla un aumento progresivo, debido a los incrementos de la generación de residuos. Mas sin embargo, entre las tecnologías existe una diferencia en el número de viajes, la cual, porcentualmente se mantiene constante en el tiempo y, en base a los viajes demandados por la ET Sin Compactación, se tiene que la Compactación en remolques reduce los viajes en un 9%, la Pre-compactación los reduce en 22% y la enfardadora en un 32%, mientras que los viajes necesarios por la incineración representan solo el 23% de los viajes de la ET sin compactación (77% de reducción).

Se advierte que la reducción de viajes de transferencia para el caso de la incineración es más marcada que en los sistemas de compactación, esto es debido al porcentaje de reducción de la masa, que para la incineradora, es de un 72,5% por efecto de la combustión contra un 15% por drenaje de lixiviados en el mejor de los casos para las tecnologías de

compactación, que corresponde a la enfardadora. Pero es preciso hacer notar que la reducción de la masa por el drenaje de lixiviados es tan significativa, ya que la densidad de los lixiviados es mucho mayor que la de los residuos sólidos propiamente.

En Venezuela, a pesar de lo que la gente pudiera creer, la reducción del volumen (% de compactación) no es el factor que más contribuye con la reducción de viajes al relleno sanitario, esto se debe a que la capacidad mecánica de los remolques impide que se pueda cargar un tonelaje mayor al permitido por ley o por la resistencia de diseño, lo que hace poco útil buscar grandes densidades de basura, cuando, en grandes capacidades volumétricas se puede alcanzar un tonelaje cercano al óptimo. Ahora, el factor que más influye en la disminución de viajes, es la reducción de la masa, por efecto de la combustión o por efecto secundario de la compactación (drenaje de lixiviados), que sí representa una reducción real de los residuos a transportar.

Se debe mencionar que para la tecnología de pre-compactación es necesario disponer de un remolque con una longitud mínima de 11 metros para que se logren colocar dos balas, una detrás de la otra y así alcanzar el número de viajes diarios reflejados en la Tabla 6. ya que cada bala de desechos mide 5,49 metros de largo (Modelo Harris T-250) [58].

Este número de viajes exigidos se transforman en camiones necesarios y en sus conductores, los cuales incrementan proporcionalmente los costos de operación, mantenimiento, inversión y reposición de la flota, junto con los gastos generados por salarios de transportistas. Aquí es cuando la incineradora comienza a emparejarse con las demás, ya que a medida que se avanza en el análisis, los costos de las tecnologías de pre-tratamiento empiezan a ser superiores a ésta.

Al analizar el costo por disposición de los residuos, se detalla que para la estación Sin Compactación se tiene que el costo total por disposición es de 72,90 MMUSD que representa 10,5 veces su inversión inicial. De manera semejante sucede con los sistemas de compactación, siendo para la compactación en remolques 7,2 veces su inversión inicial. Para

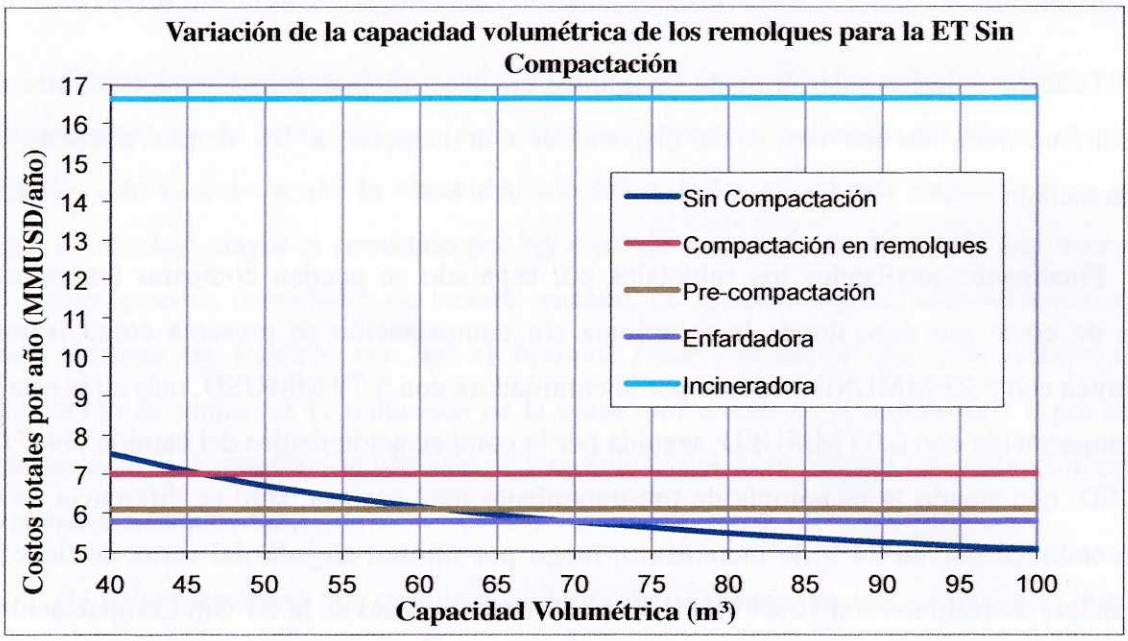
la tercera se tienen 7,9 veces, y para la enfardadora se cumple 5,6 veces. En cambio para la incineradora se tiene que el costo total por disposición representa tan sólo el 7,2% de la inversión inicial.

Todo lo descrito anteriormente se traduce en que una planta incineradora ahorra en promedio un 76% de los costos de disposición con respecto a los demás sistemas de transferencia.

Finalmente, analizados los subtotales por separado se pueden comparar los valores totales de costo *por año*, donde la tecnología sin compactación se presenta como la más económica con 5,23 MMUSD, seguida por la enfardadora con 5,79 MMUSD, más atrás esta la pre-compactación con 6,09 MMUSD, seguida por la compactación dentro del camión con 7,01 MMUSD, que siendo la tecnología de pre-tratamiento más costosa, sólo se diferencia de la más económica por un 34% de incremento, luego por último, alejada del resto, se tiene la incineradora de residuos con 16,64 MMUSD (3,18 veces el costo de la ET Sin Compactación). Basado en estos números, pareciera que una estación sin compactación es la opción más conveniente para manejar los residuos, pero su ineficiencia en la operación y falta de estética hacen pensar en las demás opciones. También el uso de estos remolques de $91m^3$ representa un punto débil dentro de la robustez del sistema por su fragilidad en operación, pero no se debe pasar por alto que al disminuir la capacidad volumétrica de los remolques a usar, los costos se incrementarían significativamente. Según se muestra en la Gráfica 9.

En esta gráfica se aprecia que si la capacidad del remolque estudiado es menor a $70m^3$, la estación sin compactación dejará de ser la más económica, viéndose superada por la enfardadora. Si esta capacidad llegara a ser igual a $61m^3$, los costos asociados al caso Sin Compactación presentarán paridad con los asociados a la Pre-Compactación. Si esta capacidad llegase a ser menor a $46m^3$ la ET Sin Compactación generará más costos incluso que la tecnología compactadora en remolques. A simple vista se detalla que para que la ET Sin

Compactación iguale los costos de la incineración, la capacidad volumétrica de los remolques deberá ser muy pequeña, alejada de la realidad.



Gráfica 9. Variación de la Capacidad Volumétrica de los Remolques para la ET Sin Compactación.
Fuente: Elaboración propia - Nota: Se mantienen fijas las capacidades volumétricas de los remolques de las demás tecnologías, mostrando el costo resultante para la capacidad estudiada.

Pero volviendo al caso original de estudio, después de la estación sin compactación, se tiene como segunda opción más económica una estación enfardadora. Al buscar implementarla en el municipio Sucre, a pesar de los beneficios que ofrece esta tecnología, sólo se llega a aprovechar la reducción de los viajes al relleno sanitario y la flexibilidad y facilidad en la manipulación de los RSU, pero esto no reduce verdaderamente los costos totales al municipio Sucre. Asimismo, al llegar los fardos a "La Bonanza", éstos serían destrozados, impidiendo reducir la vida útil del relleno y complicando su operación; los flejes rotos producirían averías en las maquinarias, lo que anula, desde una perspectiva personal de los autores, la gran inversión inicial que requiere la enfardadora. La única justificación para su implementación sería si se instala un relleno sanitario especial para fardos (*balefill*) o si se adaptara un espacio de "La Bonanza" para dicho fin.

Ahora de los dos sistemas de compactación restantes, la única que presenta un precio comparable con la enfardadora, es la pre-compactación. Esta tecnología a pesar de tener un costo total algo mayor, requiere un 24% menos de inversión inicial que la enfardadora, lo que puede ser un punto a su favor al momento de tomar una decisión. Por otro lado este sistema utiliza remolques totalmente cerrados para la transferencia de los RSU, manteniéndolos encapsulados, lo que hace ver el manejo más estético y los mantiene alejados del público y del ambiente en general, a diferencia de los fardos que son transportados por un remolque de plataforma cubiertos por una lona. Adicionalmente, dentro del relleno sanitario, el manejo de la bala pre-compactada es más sencillo en comparación con el manejo de los fardos, ya que el relleno sanitario esta capacitado para manejar los RSU de esta manera.

Al igual que la pre-compactación, la compactación estacionaría dentro del remolque muestra prácticamente las mismas ventajas pero por ser más costosa y presentar una restricción en la flexibilidad de operación (requiere remolques específicos compatibles con el sistema), ésta se ve fuertemente desfavorecida.

En cuanto a la incineradora, evaluando únicamente los costos totales, se puede decir que a primera vista no es justificable en relación con las demás. Pero por otro lado, existen beneficios cuantificables y no cuantificables propios de una planta incineradora que no son alcanzados por las tecnologías de pre-tratamiento.

Como principal beneficio económico, se puede considerar la remuneración que se genera mediante la producción anual de electricidad, que al multiplicarla por la tarifa de consumo 13,095 USD/MWh, se obtiene, por el cobro de esta tarifa, una ganancia bruta por año de 0,96 MMUSD. Generando una pérdida total por año de 15,68 MMUSD para la incineración, que sigue siendo mucho mayor que las pérdidas reflejadas por las tecnologías de pre-tratamiento. Visto desde este ángulo, el beneficio generado por la venta de la electricidad no representa una recuperación significativa de la inversión requerida. Aunque al tomarse en cuenta que la electricidad está fuertemente subsidiada a nivel nacional, era de esperarse este

resultado, así que se busca cuantificar el servicio como el costo que, para el Estado, implicaría generarlo (88,953 USD/MWh) y utilizar esto como una remuneración más real ante el servicio que se prestaría. Logrando una ganancia bruta por año de 6,49 MMUSD reduciendo esta pérdida a sólo 10,15 MMUSD, lo que implica una reducción mucho más sustancial de la diferencia económica que presenta respecto a las demás tecnologías. Pero esto no sería factible sin un acuerdo entre el Estado y la alcaldía de Sucre.

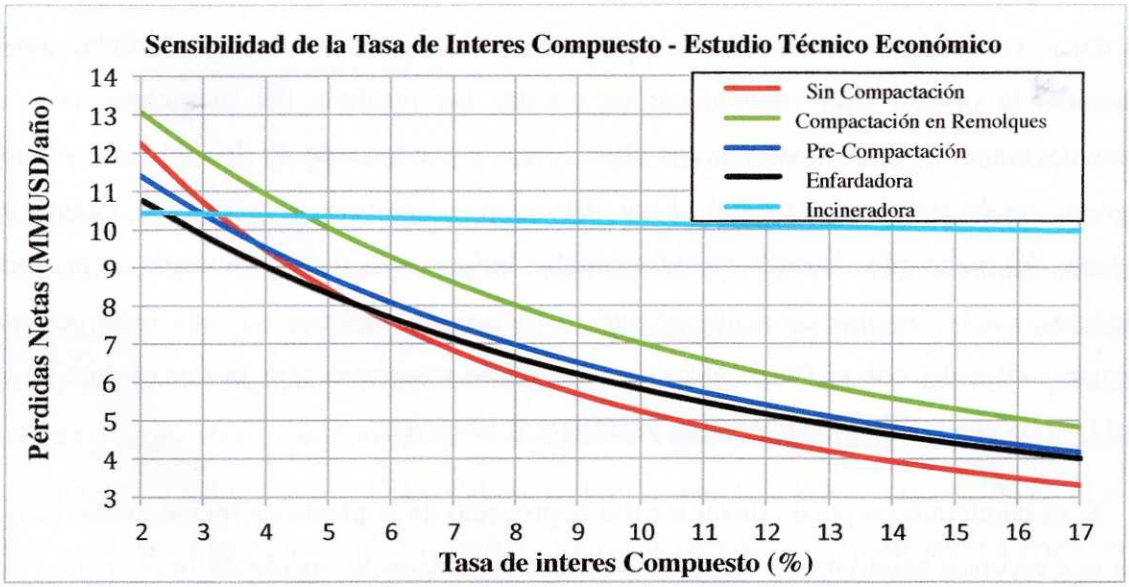
También este servicio se reflejaría en un abastecimiento eléctrico para más de 70 mil personas en promedio anual, lo que representaría entre el 11% y el 8% de la población del municipio a lo largo de la vida útil asumiendo una conservadora eficiencia de generación de sólo 85%, ya que se desconoce el poder calorífico de los residuos del municipio, a demás de tomar en cuenta que las posibles fallas que se presenten en el resto de la gestión pudieran afectar la operación, y por lo tanto, afecta la eficiencia. La eficiencia de una incineradora está alrededor del 95% (estimado en base a datos [30]). Si este fuera el caso de estudio, aumentaría, la población abastecida en casi 79 mil personas en promedio, y las ganancias brutas aumentarían a 7,25 MMUSD (pérdidas netas por año reducidas a 9,39 MMUSD).

Éste sería uno de los incentivos de mayor impacto para favorecer a este sistema, ya que actualmente en Venezuela la demanda energética no ha sido completamente cubierta y mediante este aumento de la capacidad de potencia y energía, aumentaría la calidad de vida de los pobladores de Sucre, lo que le brinda un gran valor a la incineración. Junto con esto, están otros beneficios ambientales que no son cuantificables, entre ellos están la disminución de gases invernaderos y el aumento de la vida útil del relleno sanitario, el posible reciclaje de las cenizas, la eliminación de lixiviados y un impulso hacia la separación y el reciclaje de materiales, que podría contribuir con la eficiencia en el proceso de combustión.

Este grupo de beneficios mencionados hacen que la incineración sea comparable, más allá de lo económico, con las demás tecnologías, al momento de la elección de la propuesta.

Aunque se debe tomar en cuenta que los valores de la tarifa y del costo real de la energía, para el Estado, se hallaron, primeramente, en bolívares y fueron convertidos a dólares americanos mediante el cambio oficial (4,3 Bs./USD); esto genera una posible distorsión en el resultado, ya que el control de cambio no refleja la relación real entre bolívares y dólares americanos. Esta distorsión no es tan marcada en el resto de los valores ya que éstos fueron encontrados en moneda americana.

Una vez expuestos estos resultados, se aplica un análisis de sensibilidad al estudio técnico económico, variando la tasa de interés compuesto. En la Gráfica 10. se refleja el comportamiento obtenido.



Gráfica 10. Sensibilidad de la Tasa de Interés Compuesto – Estudio Técnico Económico
Fuente: Elaboración Propia

Al variar la tasa de interés se observa que los resultados permanecen en la misma distribución económica, siempre y cuando ésta no baje del 6%. Si esto pasa, el comportamiento cambia y las curvas comienzan a cruzarse, reflejando que el sistema Sin Compactación dejaría de ser el más económico. Además de que el resultado de la planta incineradora prácticamente no varía en función de la tasa de interés compuesto.

CONCLUSIONES

Partiendo de los análisis de ventajas y desventajas de cada tecnología, junto con el estudio técnico-económico realizado, se manifiesta una paridad entre las tecnologías evaluadas, que impide definir una solución obvia frente al resto, pero si figuran tres posibilidades que resaltan ante las demás por el panorama positivo que muestran en comparación con sus desventajas y costos. Las cuales son, la Planta Incineradora, la estación de transferencia Sin Compactación y la estación de transferencia con Pre-Compactación.

La opción de la planta de incineración, al ser la que ofrece mayores beneficios ambientales y sociales, así como una operación mucho más eficiente y limpia, puede considerarse la opción más conveniente para tratar los residuos del municipio, pero su implementación se ve dificultada por sus altos costos y por lo tanto, la decisión de los entes encargados se basará en el capital disponible para la gestión, tomando en cuenta las prioridades del municipio. Aunque es indispensable indicar, que si se lleva acabo un proyecto de este tipo, se debe asegurar un mantenimiento estrictamente riguroso, además de un personal totalmente calificado, con el fin de evitar la emisión de sustancias tóxicas por encima de las permitidas que puedan ocasionar daños a la salud y al ambiente.

Si el municipio no puede llevar a cabo el proyecto de la planta de incineración, ya que cuenta con recursos económicos limitados, se debe considerar la opción de implementar una tecnología de transferencia más económica, donde resalta primeramente, la estación Sin Compactación. Es necesario acotar que es imprescindible que esta tecnología se desarrolle adecuadamente, utilizando los elementos que optimicen la operación en la estación nueva (infraestructura especializada y mejor organizada, capacitación y concientización del personal), descartando totalmente la gestión empleada dentro de "Julián Blanco", ya que, según el análisis de la situación actual, es excesivamente deficiente. Para esta tecnología, el uso de remolques con gran capacidad volumétrica, es indispensable para que los costos se

vean reducidos sustancialmente, en caso contrario, esta opción pierde su ventaja económica frente a la compactación.

Por otro lado, podría correrse el riesgo de continuar o reincidir en los errores que existen en "Julián Blanco", pero esto pudiera evitarse, implementando una tecnología que también sea económica, y que cambie completamente el sistema empleado actualmente. Aquí entra a consideración la Pre-Compactación, la cual, a pesar de su ligero aumento en el costo, ofrece una operación más controlada, estética, de mayor flexibilidad y eficiencia, además de que necesita menores extensiones de terreno para operar, lo que se traduce en una gran ventaja frente a la estación Sin Compactación, ya que "nadie quiere tener un basurero cerca, por lo que mucho menos querrán tener un basurero GRANDE cerca".

Finalmente no es posible definir una propuesta clara y especifica, ya que, la opción seleccionada, dependerá de los recursos con los que cuente la alcaldía y de las necesidades que quiera cubrir pero independientemente de cual sea esta opción, deberá ir acompañada de una fuerte campaña de prevención de residuos, ya que el problema inicial es la producción de basura, así como también es indiscutible la necesidad de buscar soluciones paralelas a mediano y largo plazo, que fomenten y acompañen a una educación ambiental enfocada en la concientización sobre los beneficios del reciclaje y la necesidad de la separación en el origen, empezando desde lo más simple (orgánico - inorgánico) y así contribuir poco a poco con una trayectoria más ecológica de los residuos.

"La mejor basura es la que no se genera"

RECOMENDACIONES

Es necesario que los responsables de la gestión del manejo de la basura en el municipio Sucre, realicen estudios de caracterización de los residuos sólidos generados; como el poder calorífico, contenido de humedad, características físicas, químicas y biológicas, peso específico aparente, entre otros. Esto permitiría que cualquier estudio relacionado con los residuos sólidos del municipio, tenga una mayor exactitud y certeza en los análisis y en los resultados que se obtengan.

En el caso de que la alcaldía quiera desarrollar una planta de incineración, es necesario que, antes de iniciar el proyecto, se evaluen los posibles efectos perjudiciales de la disposición de la ceniza de fondo, ya que la ceniza que resultaría de los residuos municipales pudiera no ser totalmente inerte y contener metales pesados (ADAN, 1994). Por lo que es indispensable realizar un análisis más detallado de la composición de los residuos del municipio Sucre y así poder verificar que la ceniza de fondo es inerte.

Es conveniente añadirle al Estudio Técnico Económico, los costos o beneficios derivados de los impactos ambientales y sociales (externalidades) propios de cada tecnología. Con el propósito de incluir estos aspectos de manera cuantificable en el estudio, asumiendo una valoración coherente con cada externalidad evaluada y así generar mayor capacidad de comparación cuantitativa entre las tecnologías, buscando la menor subjetividad posible en la toma de las decisiones. Ya que todas las tecnologías presentan costes o beneficios que son soportados por la comunidad sin estar internalizados económicamente en el manejo de RSU.

Por otro lado, recomendamos realizar un T.E.G. que vaya únicamente dirigido a evaluar los beneficios y dificultades de poner en marcha la separación desde el origen de los materiales y su reciclaje, para ser incluido dentro de una gestión integral de RSU en Sucre o cualquier otro municipio de la Gran Caracas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Acurio, Guido y Rossin, Antonio. 1997. Diagnostico de la Situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. BID - Organización Panamericana. Washington, D.C.

[2] ADAN, Asociación para la Defensa del ambiente y de la Naturaleza. 1994. *Basura Municipal: Manual de Gestión Integrada*. Editor: ADAM, 239 pp.

[3] Amaya, Elizabeth. 2009. *Feasibility Study of Establishing Recovery Plant for Municipal Solid Waste in Salvador, El Salvador*. International Master's Program in Environmental Sustainable Development. National Central University. Master Thesis. (Julio). 142 pp.

[4] Amos Unshelm Báez, Carlos Emilio. 2012. *Listado de Empresas de Reciclaje*. Aporte del Movimiento Ecológico de Venezuela - Merida. (Mayo). 24 pp. MISREDES

[5] Asamblea Nacional de la Republica Bolivariana de Venezuela. 2010. *Ley de Gestión Integral de la Basura*. Gaceta Oficial N° 6.017 extraordinario del 30 de diciembre de 2010. Palacio de Miraflores. Caracas. 29 pp.

[6] Bogdan, Željko. Lončar, Dražen. Drazen and Schneider, Daniel Rolph. 2010. *Cost Analysis of Waste-to-Energy Plant*. Coden Stjsao ZX470/1459. 369-378 pp. University of Zagred. Republic of Croatia. ISSN 0562-1887. UDK 620.95:628.474.3:504.5

[7] Brettler Berenyi, Eileen. PhD. 2009. *Recycling and Waste to Energy: Are the Compatible?*. (Junio). 20 pp. Governmental Advisory Associates, Inc.

[8] CalRecovery, Inc. 1992. *Conversion Factor Study – In-Vehicle and In-Place Waste Densities*. Prepared for California Integrated Waste Management Board. USA. (March).

[9] Carabias Lillo, Julia. Quadri de la Torre, Gabriel. 1996. *Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos en Áreas Urbanas*. Primera Edición, Instituto Nacional de Ecología. México.

[10] Casas Sabata, Josep M. Garriba Elies, Enric. Martell, Meritxell y Torras, Albert.. 2005. *Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos*. Los residuos municipales y su gestión. Edición, marzo 2005. Asociación Mundial de las Grandes Metrópolis. Metrópolis.

[11] CONAMA, Comisión nacional del medio ambiente. 2001. Gobierno de Chile. *Tecnologías de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos Domiciliarios*. (Diciembre). 26 pp.

[12] Córdova y Vázquez, Ana. Rodríguez Salinas, Marcos. 2006. *Manual de Compostaje Municipal*. Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos. Primera Edición. 102 pp. ISBN: 970-9983-05-9. México. S y G Editores S.A.

[13] COVENIN 614:1997. Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1997. *Límite de Peso para Vehículos de Carga*. (1 Revisión). 9 pp. Fondonorrma. I.C.S: 03.220.01 - ISBN: 980-06-1836-8

[14] Denegri Coria, Marianela. González Gómez, Jessica y Sepúlveda Aravena, Jocelyne. 2010. *Estrategias Instruccionales para Promover en Estudiantes Universitarios Actitudes hacia el Reciclaje*. EDUCERE. Investigación Arbitrada. ISSN: 1316-4910. Año 14, N 49. (Julio – Diciembre). 319-331 pp.

[15] Finnveden, G. 1992. landfilling – a forgotten part of Live Cycle Assessment. In: *Product Life Cycle Assessment – Principles and Methodology*. Nordic Council of Ministers, Norway, pp. 263-288.

[16] Finnveden, G. 1995. *Treatment of Solid Waste in Life-cycle Assessment – Some Methodological Aspects*. Life Cycle Assessment and Treatment of Solid Waste. Proc. International workshop, September 1995, Stockholm, Sweden. AFR Report 98, pp 107-114.

[17] Flushing Casado, Corina. Oviol Montoya, Liza. 2006. *Estudio de factibilidad Técnico-Económico para la creación de una empresa incineradora de desechos sólidos*. Volumen 1. Código UCAB - T.E.G. IID200F5. (Mayo). 74 pp.

[18] Franke, Marina Hindle, Peter. McDougall, Forbes R. and White, Peter R. 2004. *Gestión Integral de Residuos Sólidos: Inventario de Ciclo de Vida*, Procter & Gamble Industrial, S.C.A. Caracas-Venezuela. Primera Edición. 616 pp.

[19] Gerencia de prevención de riesgos MUTUAL DE SEGURIDAD C.CH.C., 2001, 25 Años-Edición especial, *Revista* Seguridad en Acción, No 68, (Octubre), *El Manejo de la Basura*, 22–29 pp.

[20] Gil Sanz, Jose Luis. Guilabert Morales, Pedro. Hernández Picó, José. Más Catalá, David y Meseguer Espí, José Luis. 2009. *Definición, Principios e Historia de la Educación Ambiental*. 1 guía de trabajo. Curso 2009-2010. Didáctica de la Educación Mediaoambiental. Obtenido el 02 de diciembre de 2012 en http://www.slideshare.net/matojo/definicion-y-principios-de-la-educacin-ambiental-b

[21] IMAPSAS. 2012.a. *Informe sobre el barrido de las calles ejecutado por IMAPSAS en el municipio Sucre*. (Julio). 6 pp. Documento proporcionado por IMAPSAS.

[22] IMAPSAS. 2012.b. *Listado de Unidades de Recolección*. Documento digital en excel proporcionado por IMAPSAS.

[23] IMAPSAS. 2012.c. *Sistema de recolección de desechos sólidos y transferencia al relleno sanitario la Bonanza*. 2 pp. Documento proporcionado por IMAPSAS.

[24] INE, Instituto Nacional de Estadística. 2012. *XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Resultados por Entidad Federal y Municipio del Estado Miranda*. (Agosto). 38 pp.

[25] Keeling A. A., and Manser A. G. R. (1996). Practical Handbook of Processing and Recycling Municipal Waste. Lewis, Englewood Cliffs, NJ.

[26] Leite Mansur, Gilson. Penido Monteiro, José Henrique., 2006. *Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales en ciudades de América Latina y el Caribe*. 264 pp. 1 Edición. Adaptación de: Manual Gerenciamiento Integrado de Residuos Sólidos, 2001/Penido Monteiro, José Henrique.

[27] Letcher, Trevor M. y Vallero, Daniel A. 2011. *WASTE: A Handbook for Management*, First Edition, Elsevier Inc. 565 pp.

[28] Maldonado, Laura. 2006. *Reducción y reciclaje de residuos sólidos en centros de educación superior: estudio de caso*. Mérida, México, Revista Ingeniería. 10(1), 59-8

[29] Mata Subero, Ana María. Mijares Seminario, Rodrigo. y Reyes Gil, Rosa E. 2004. *Manejo de desechos sólidos hospitalarios en un hospital tipo IV de Caracas, Venezuela. Asociación Interciencia*, INCI v.29 n.2, Obtenido el 23 agosto de 2012 [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442004000200009&script=sci_arttext].

[30] Michaels, Ted. 2010. *The 2010 ERC Directory of Waste-to-Energy Plants*. (December). 32 pp. Energy Recovery Council.

[31] O'Brien, Jeremy K., P.E., SWANA. 2005. *Comparison of Air Emissions from Waste-to-Energy Facilities to Fossil Fuel Power Plants*. 11 pp.

[32] Proactiva Medio Ambiente Venezuela. 2010. *Relleno Sanitario "La Bonanza", Disposición final de los residuos sólidos*. Cotecnica "La Bonanza". Material en diapositivas.

[33] Proconsult, C.A. 2010. *Caracterización preliminar de los desechos sólidos generados en el municipio Sucre, estado Miranda*. Alcaldía del municipio Sucre. Octubre. 98 pp.

[34] (RMCT) Recycling Marketing Cooperative for Tennessee. 2003. *Material Recovery Facility; Handbook*. (December). 118 pp. PO BOX 1522, Lexington, Tennessee 38351. rmct@rmct.org

[35] Rogoff, Marc J and Screve Francois. 2011. *Waste to Energy. Technologies and Project Implementation*, Second Edition, Elsevier Inc. 166 pp.

[36] Schuster, Herwig. 1999. *Plantas incineradoras de Residuos en Austria*. Viena. (Junio). 10 pp. Greenpeace Austria.

[37] Tchobanoglous, George. Theisen, Hilary. Vijil A., Samuel. 1998. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, España, volumen I y II, Mc Graw Hill.

[38] UNEP. United Nations Environment Programme. 2005. *Solid Waste Management*. Volume I. Editor: CalRecovery incorporated. ISBN: 92-807-2676-5

[39] UNESCO. 2010. *Los Residuos Electrónicos: Un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe*. 259 pp. UNESCO Montevideo, Günther Cyranek, Consejero de Comunicación e Información para el MERCOSUR y Chile; Plataforma RELAC SUR/IDRC Uca Silva, Investigadora Responsable. ISBN 978-92-9089-150-5

[40] U.S. EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response. 2002.a. *Waste Transfer Stations: A Manual for Decision-Making*, (EPA530-R-02-002). Washington, DC.

[41] U.S. EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response. 2002.b. *Solid Waste Management: A Local Challenge With Global Impacts*, (EPA530-F-02-026). Washington, DC.

[42] Velázquez Monroy, Oscar J. 2000. *Los Segregadores de Basura y los factores de Riesgo a la Salud*. Seminario Internacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos, Siglo XXI. 7-16 pp. Secretaria de Salud, México.

[43] Weber, R. Sakurai, t. 2001. *Formation characteristics of PCDD and PCDF during pyrolysis processes*. Chemosphere 45:1111-1117. 7 pp

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

[44] AdvantageAustria.org. Residuos y reciclaje. Boletín Monográfico. Editor: oficina comercial de Austria en Madrid. Obtenido el 10 diciembre de 2012 en http://www.advantageaustria.org/ar/oesterreich-in-argentina/news/local/11_Residuos_y_Reciclaje.pdf

[45] Alianza Global para Alternativas a la Incineración (GAIA), Greenaction for Health & Environmental Justice. *Incineración por gasificación, pirólisis y plasma*. Obtenido el 15 de octubre de 2012 en http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/incineradoresdisfrazadoshojainformativa.pdf

[46] COGEN. España. Asociación española para la promoción de la cogeneración. http://www.cogenspain.org/ *¿Qué es la Cogeneración?*. Obtenido el 10 de agosto de 2012 en http://www.cogenspain.org/index.php/Que-es/que-es-cogeneracion.html

[47] Díaz Martín, Diego. 2011. Presidente de Vitalis. *Rellenos Sanitarios vs. Botaderos de Basura*. VITALIS. (Marzo). Obtenido el 19 de octubre de 2012 en http://www.vitalis.net/2001/03/358/

[48] Días Martín, Diego. 2011. Presidente de Vitalis. *Basura: ¿Destino incierto en Venezuela?*, VITALIS. Obtenido el 30 de enero de 2013 en http://www.vitalis.net/actualidad85.htm

[49] Ecoclick. 2013. *Ecoclick conectando redes sociales*. Blogger. Obtenido el 22 de febrero de 2013 en http://ecoclickve.blogspot.com/

[50] Fundeca. Fundación Ecológica Carrillo. 2011. RIF J-29825929-9. *Campaña Ecológica de Reciclaje*. Obtenido el de 18 enero de 2013 en http://www.fundeca.org.ve/proyectos_contenedor.php

[51] Grupo Tecnomatrix. (Sin fecha). Corporación Empresarial. *Sistema para el Prensado y Enfardado de Residuos Sólidos Domésticos*. 9 pp. Obtenido el 3 de septiembre de 2012 en http://www.grupotecnomatrix.com/multimedia/tratamiento%20de%20residuos%20solidos/Presentaci%C3%B3n%20sistema.pdf

[52] Salud sin Daño. *Pirólisis, una técnica de tratamiento térmico no tradicional*. Buenos Aires. Argentina. info@saludsindanio.org, Obtenido el 15 de octubre de 2012 en http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/hojainformativa pirolisiscastellano.pdf

[53] YVKE Radio Mundial AM/FM. *Municipio Sucre es adornado en estas navidades con basura (Foto reportaje)*. Obtenido el 4 de noviembre de 2012 en http://www.radiomundial.com.ve/article/municipio-sucre-es-adornado-en-estas-navidades-con-basura-fotoreportaje

[54] Waste Technology Dirty MRF, Obtenido el 20 de febrero de 2013 en http://www.mbt.landfill-site.com/Dirty_MRF/

BIBLIOGRAFIA DEL ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO

[2] ADAN, Asociación para la Defensa del ambiente y de la Naturaleza. 1994. *Basura Municipal: Manual de Gestión Integrada*. Editor: ADAM, 239 pp.

[55] BLS. Bureau of Labor Statistics. 2013. *Usual Weekly Earning of Wage and Salary Workers Fourth Quarter 2012*. U.S. Department of Labor. (January) 14 pp. USDL-13-0060

[56] Bogdan, Željko. Lončar, Dražen and Schneider, Daniel Rolph. 2010. *Cost Analysis of Waste-to-Energy Plant*. Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture. University of Zagreb. Republic of Croatia. 10 pp. ISSN 0562-1887. UDK 620.95:628.474.3:504.5

[11] CONAMA, Comisión nacional del medio ambiente. 2001. Gobierno de Chile. *Tecnologías de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos Domiciliarios*. (Diciembre). 26 pp

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA DEL ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO

[57] CIA. Central Intelligence Agency. *The World Factbook*. Publications. ISSN 1553-8133 Obtenido el 12 de marzo de 2013 en https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2042rank.html

[58] Harris. 2007-2013. *TransPak Precompaction System*. Obtenido el 20 de febrero de 2013 en http://www.harrisequip.com/products/transpak-precompaction-system/

[59] Index Mundi. 2011. *Electricidad – Consumo*. con fuente: CIA World Factbook. Obtenido el 12 de marzo de 2013 en http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?c=ve&v=81&l=es

[60] INE. Instituto Nacional de Estadística. 2013. *Dinámica Demográfica y Pobreza, Censo 2011*. Enero. Fuente: censo de población y vivienda 2011. Obtenido el 22 de marzo de 2013 en http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/tendencia_pobreza_censo2011.pdf

[61] Integra Global Green Energy Inc. Canada. *Energy/Waste FAQ*. Obtenido el 27 de enero de 2013 en http://integraglobalgreenenergy.com/EnergyWasta%20FAQ.htm

[62] MPPEE. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. 2012. *CEPAL: Venezuela se ubica en el segundo lugar de los países de América Latina con mayor capacidad instalada para generar kWh por habitante*. Obtenido el 12 de marzo de 2013 en http://www.mppee.gob.ve/inicio/noticias-internacionales/internacionales/cepal-venezuela-se-ubica-en-el-segundo-lugar-de-los-pases-de-amrica-latina-con-mayor-capacidad-instalada-para-generar-kwh-por-habitante

[63] Project Car. 2012. *Tecnologie per la Compattazione e il trasporto rifiuti*. Italia. Obtenido el 20 de febrero de 2013 en http://www.projectcar.it/ITA/Stazioni-di-trasferimento.asp?area=2&prod=6

[64] Secom Components S.L. *Sistemas de Transporte*. Barcelona. España. Obtenido el 15 noviembre de 2012 en http://www.seconcomponents.com/es/transporte-residuos.php#informacion

[65] Secom Components S.L. *Sistemas de Transporte*. Barcelona. España. Obtenido el 15 noviembre de 2012 en http://www.seconcomponents.com/es/residuos-prensas-compactadoras.php#informacion