

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA
MUNICIPAL DE COMPOSTAJE PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UNE CUNDINAMARCA**

SONIA CAROLINA ROMERO ROJAS

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ
2012**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA
MUNICIPAL DE COMPOSTAJE PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UNE CUNDINAMARCA**

SONIA CAROLINA ROMERO ROJAS

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Ambiental.

**Director: Liliana Salazar López.
Bióloga MSc Ciencias Ambientales**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ
2012**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

A mis padres y mi hermano
Por su apoyo incondicional y constante

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, María Oliva Rojas Celeita y mi padre, Fabio César Romero Pardo, por toda su dedicación, apoyo, consejos y constancia en este largo camino. A mi hermano Diego Romero Rojas, por su apoyo incondicional y ayuda durante esta etapa.

A mi tía Mercedes Rojas, por todo su apoyo y asesorías durante este proceso.

A la Dr. Miriam Martínez que condujo mi proceso desde el principio para que los resultados de este proyecto fueran los mejores.

A mi tío Demetrio Romero, que apoyó mi idea de realizar un proyecto para el municipio de Une, gestionó la idea para que tuviera el apoyo de la alcaldía y además me suministró información valiosa para la elaboración de este proyecto.

A la Alcaldía Municipal de Une por brindarme la información y ayuda necesaria para llevar a cabo este proyecto.

A la Profesora, Liliana Salazar López, por aceptar ser mi directora de proyecto de grado, dedicarle el tiempo suficiente a las reuniones, brindarme las asesorías necesarias y guiarme durante este largo proceso.

Al profesor, Juan José Vargas, por la revisión de la encuesta a aplicar en el municipio de Une y por la especial asesoría para el desarrollo del análisis económico del proyecto.

A la profesora Claudia Fernanda Navarrete, por todas las asesorías y revisiones en el tema estadístico y de encuestas.

A la profesora Johanna Karina Solano Meza, por las asesorías en el tema de cálculos para el diseño de la planta de compostaje.

Al profesor Rafael Barragán, por el suministro de información referente al compostaje, sus tipos, variables y consideraciones a tener en cuenta.

A mi amiga, Andrea Juliana Alba Torres, por sus asesorías con el tema de infraestructura para la planta, manejo de AutoCad y por todo su apoyo incondicional durante este tiempo.

.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	14
1. INTRODUCCIÓN	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. ANTECEDENTES y JUSTIFICACIÓN	18
5. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	19
5.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	19
5.2.1 Cálculo del Tamaño de la Muestra conociendo el Tamaño de la Población.....	21
5.3 TRABAJO DE CAMPO	22
5.4 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO) EN EL MUNICIPIO DE UNE.	23
5.4.1 Análisis de la información del PGIRS	23
5.5 ESTUDIO TÉCNICO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE MUNICIPAL EN UNE.	24
5.6 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PROPUESTA.....	25
5.7 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA MUNICIPAL DE COMPOSTAJE EN UNE.	25
5.7.1 Estudio de mercado.....	25
5.7.2 Estudio financiero.....	25
5.8 ANÁLISIS DE FACTORES SOCIALES DE LA PROPUESTA.....	26
6. MARCO CONTEXTUAL	27
6.1 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE UNE	27

6.1.1 Ubicación general del Municipio	27
6.1.2 Aspectos climáticos	27
6.1.3 Geología y geomorfología del municipio	28
6.1.4 Relieve en general.....	29
6.1.5 Caracterización de suelos en Une.....	29
6.1.6 Ganadería	30
6.1.7 Explotación minera.....	30
6.1.8 Hidrografía principal	31
6.1.9 Conectividad con municipios cercanos.....	31
6.1.10 Caracterización socioeconómica del municipio	32
6.1.11 Estratificación	34
7. MARCO TEORICO.....	35
7.1 CONCEPTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO).....	35
7.2 COMPOSTAJE COMO ALTERNATIVA DE MANEJO DE LOS RSO.....	35
7.3 COMPONENTES DE UN PROGRAMA MUNICIPAL DE COMPOSTAJE....	36
7.4 TIPOS DE PLANTAS MUNICIPALES DE COMPOSTAJE.....	39
7.4.1 Pilas estáticas (windrows)	39
7.4.2 Pilas estáticas ventiladas	43
7.4.3 Sistemas cerrados.....	43
7.4.4 Compostaje en tambor	44
7.4.5 Compostaje en túneles.....	45
7.4.6 Compostaje en contenedor	45
7.5 MADURACIÓN Y USOS DEL COMPOST.....	46
7.6 TRATAMIENTO DEL OLOR.....	46
7.7 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS LIXIVIADAS	47
8. MARCO LEGAL	48
8.1. GUÍAS TÉCNICAS COLOMBIANAS	48
8.2. NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS.....	48
8.3 NORMAS TÉCNICAS US EPA.....	49
8.4. NORMATIVA APLICABLE DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA.....	49
8.5. POLÍTICAS AMBIENTALES NACIONALES.....	50

8.6 LEYES Y DECRETOS RELACIONADOS CON EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	51
8.7 REGLAMENTO TÉCNICO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO (RAS) 2000 título F	51
8.8 PGIRS DE UNE.....	52

RESULTADOS

9. DIAGNÓSTICO DE MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL MUNICIPIO DE UNE.....	54
9.1 ANÁLISIS DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE UNE	54
9.1.1 Sistema de recolección de residuos sólidos.....	54
9.1.2 Residuos potencialmente aprovechables	55
9.1.3 Caracterización de los residuos sólidos urbanos (RSU) en Une Cundinamarca	55
9.1.4 Composición física de los residuos sólidos	57
9.1.5 Análisis de alternativas para el aprovechamiento de los residuos sólidos en Une.....	58
9.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA RESULTADO DE LAS ENCUESTAS	59
9.2.1 Caracterización social	60
9.2.3 Hábitos de consumo.....	61
9.2.4 Grado de educación y conciencia ambiental	62
9.3 Análisis de gestión ambiental frente al manejo de los residuos sólidos orgánicos (RSO) en Une.	66
10. ESTUDIO TÉCNICO	68
10.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL LUGAR PARA UBICAR LA PLANTA DE COMPOSTAJE.....	68
10.1.1 Limitaciones, prohibiciones o restricciones legales	68
10.1.2 Condiciones de operación	69
10.2 CÁLCULOS Y PROYECCIONES PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA MUNICIPAL DE COMPOSTAJE EN UNE CUNDINAMARCA.....	70
10.2.1 Recopilación de datos previos para la proyección de la población	70
10.2.2 Definición del nivel de complejidad del sistema	74
10.2.3 Proyección de la población.....	75

10.2.3.1 Proyección de la población por el método aritmético	76
10.2.3.2. Proyección de la población por el método geométrico	77
10.2.3.3. Proyección de la población por el método exponencial	79
10.2.3.4. Proyección de la población por el método de Wappaus	81
10.2.3.5. Proyección de la población por el método gráfico.....	82
10.2.3.6 selección del método para proyección de población en una Cundinamarca.....	82
10.3 DEFINIR EL TIPO DE SISTEMA DE APROVECHAMIENTO	84
10.4 RECIPIENTES PARA LA RECOLECCIÓN	85
10.5 CONDICIONES DEL VEHÍCULO RECOLECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	86
10.6 RUTAS DE RECOLECCIÓN SELECTIVAS	87
10.7 PROYECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE UNE...89	
10.8 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE91	
10.9 DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE E INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS.....	93
10.10 CÁLCULO TAMAÑO DE LAS PILAS.....	95
10.11 DIAGRAMA DE PROCESOS PLANTA DE COMPOSTAJE MANUAL EN EL MUNICIPIO DE UNE CUNDINAMARCA.....	99
10.12 EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE UNE	100
10.13 PRODUCCIÓN DE COMPOST ESTIMADA.....	104
10.14 PARÁMETROS DE DISEÑO PLANTA DE COMPOSTAJE DE UNE	105
11. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL.....	108
11.1 REVISIÓN METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	108
11.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES IMPLEMENTACIÓN PLANTA DE COMPOSTAJE MUNICIPAL.....	110
11.2.1 lista de chequeo impactos ambientales de una planta de compostaje manual.....	110
11.2.2 Fotografías	111
11.2.3 Matriz de impacto ambiental Planta de Compostaje Manual.....	111
11.2.4 Acciones de manejo para el control de impactos ambientales	111

12. ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA MUNICIPAL DE COMPOSTAJE EN UNE.	115
12.1 ESTUDIO DE MERCADO	115
12.2 ESTUDIO FINANACIERO	118
12.2.1 Recursos disponibles para inversión y funcionamiento	118
12.2.2 Evaluación por relación beneficio / costo	119
13. ANÁLISIS DE FACTORES SOCIALES.....	128
14.CONCLUSIONES	129
15.RECOMENDACIONES	132
BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.
LISTA DE ANEXOS	136

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Climatología del Municipio de Une	29
Tabla 2. Conectividad con municipios cercanos	32
Tabla 3. Identificación de las principales actividades económicas del municipio.	33
Tabla 4. Principales condiciones sociales de la comunidad.....	34
Tabla 5. Ingresos destinados al servicio de aseo	34
Tabla 6. Estratificación socioeconómica del municipio	35
Tabla 7. Propuestas de programas y proyectos para el PGIRS de Une.....	53
Tabla 8. Residuos sólidos aprovechables por algunos sectores	56
Tabla 9. Caracterización física de los residuos sólidos producidos.....	58
Tabla 10. Dinámica poblacional por años censales	68
Tabla 11. Proyección de la población urbana de Une según el DANE	75
Tabla 12. Proyección de la población urbana de Une según el PGIRS.....	76
Tabla 13. Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema.....	76
Tabla 14. Asignación del nivel de complejidad	77
Tabla 15. Proyección de la población urbana de Une, método aritmético	80
Tabla 16. Proyección de la población urbana de Une método geométrico.....	82
Tabla 17. Proyección de la población de Une, Método exponencial.....	84
Tabla 18. Tabla comparativa de proyección de la población por distintos métodos	86
Tabla 19. Tipo de caracterización físico química y biológica de los residuos sólidos	88
Tabla 20. Proyección de residuos producidos	92
Tabla 21. . Proyección de RSO para el Municipio de Une	105
Tabla 22. Proyección de RSO en diferentes unidades para el Municipio de Une.....	94
Tabla 23. Proyección de volumen que ocupan los RSO de Une.	95
Tabla 24. . Proyección de compost y volumen que ocupa.....	98
Tabla 25. Volumen de residuos para diferente número de pilas.....	96
Tabla 26. Volumen de RSO en distintas unidades para el año 2.026.....	97
Tabla 27. Dimensiones del terreno requerido para el compostaje.....	98
Tabla 28. Especificaciones técnicas báscula.	102
Tabla 29. Especificaciones técnicas del tamiz tambor	104
Tabla 30. Proyección cantidad de compost.....	106
Tabla 31. Parámetros de diseño planta Municipal de compostaje de Une Cundinamarca.....	108
Tabla 32. Manejo de impactos ambientales en la etapa de construcción	113
Tabla 33. Manejo de impactos ambientales en la etapa de construcción	114
Tabla 34. Tenencia de la tierra.....	119
Tabla 35. Costos de inversión, operación, mantenimiento y administración por componente...	120
Tabla 36. Costos totales de implementación y operación de una planta municipal de compostaje en el municipio de Une Cundinamarca	121
Tabla 37. Promedio de IPC en los últimos 10 años.....	122
Tabla 38. Costos de operación anuales planta de compostaje de Une.....	123
Tabla 39. Ingresos por ventas de compost.....	124
Tabla 40. Ingresos totales para la planta de compostaje de Une.....	125
Tabla 41. Relación costo/ beneficio de implementación de la planta de compostaje para Une	126
Tabla 42. Retorno de la inversión del proyecto	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa delimitación del Municipio de Une	24
Figura 2 Compostaje en montones o pilas	42
Figura 3 Cubierta del área de compostaje	43
Figura 4 Encuestas realizadas por género	61
Figura 5 Estratificación	62
Figura 6 Preferencias de consumo	63
Figura 7 Grado de estudios en los habitantes de Une	64
Figura 8. Grado de conocimiento frente a los RSO	64
Figura 9. Separación en la fuente.....	65
Figura 10. Uso de los RSO en le municipio de Une	66
Figura 11 Grado de información respecto al compostaje	67
Figura 12. Disposición para recibir capacitaciones en el tema de RSO y compostaje.....	68
Figura 13. Porcentaje de estratos municipio de Une.....	75
Figura 14. Volqueta para la recolección de residuos reciclables.....	87
Figura 15. Vehículo recolector con compartimientos para varios tipos de residuos.....	87
Figura 16. Dimensiones pilas de compostaje.....	96
Figura 17. Diagrama de flujo funcionamiento de planta de compostaje manual.....	100
Figura 18. Báscula para pesaje de RSO.....	101
Figura 19. Carretilla de plástico.....	102
Figura 20. Tamiz tambor.....	103
Figura 210..Tamiz manual	105
Figura 22. Proporción de habitantes que realizan actividades agropecuarias.....	117
Figura 23. Tipos de fertilizantes con más preferencia en Une.....	118

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta (PDF)

Anexo 2. Área del terreno y ubicación respecto al municipio (PDF)

Anexo 3. Zonificación del Municipio de Une. (PDF)

Anexo 4. Fotografías (PDF)

Anexo 5. Matriz de impacto ambiental (PDF)

Anexo 6. Detalles de los costos (PDF)

RESUMEN

El presente trabajo de grado se centró en la problemática de manejo de residuos sólidos orgánicos (RSO) en el Municipio de Une, ubicado en el departamento de Cundinamarca. Luego de evaluar y tener un diagnóstico preliminar del estado actual de manejo de los RSO para el municipio, el objetivo del trabajo consistió en hallar la factibilidad de implementar una planta municipal de compostaje que procesara los RSO generados en el casco urbano del municipio. Así que se evaluó la factibilidad desde los aspectos: social, técnico, ambiental y económico; cada uno evaluado con diferentes metodologías. Entre ellas se aplicó una encuesta a la población, se realizaron los cálculos para el diseño y dimensionamiento de la planta de compostaje, se evaluaron los posibles impactos ambientales por componente y se realizó un análisis de costo- beneficio.

1. INTRODUCCIÓN

La generación de residuos sólidos orgánicos (RSO) a nivel mundial se incrementa rápidamente, debido al crecimiento poblacional y los hábitos de consumo, ocasionando impactos ambientales y sobre la salud pública.

En Colombia la generación creciente de residuos sólidos orgánicos y la falta de conocimiento hacia su disposición, utilización y manejo son un problema en todos los municipios del país, ya que no han sido la prioridad de las administraciones municipales.

A nivel municipal, el manejo adecuado de los RSO, se convierte en uno de los problemas ambientales y sanitarios más relevantes, ya que muchas veces no se logra llegar a un acuerdo frente al tema de implementación de un relleno sanitario municipal, dado que existe resistencia por parte de los habitantes a tener un relleno sanitario en su municipio, dados los efectos adversos que de ello pudiesen originarse, como por ejemplo: los malos olores, residuos de lixiviados, presencia de roedores, plagas y otros vectores, problemas de salud, tránsito de vehículos pesados y finalmente los problemas de contaminación que podrían generarse dentro de un relleno sanitario por muy bien operado que se mantenga.

Por otro lado, así existiera voluntad por parte de las autoridades municipales para la implementación y construcción de un relleno sanitario, la prioridad en los recursos económicos se da en otros proyectos, entre los que se destacan: la vivienda, las vías y la salud pública.

Por este motivo, el eje fundamental de este proyecto es realizar un estudio de factibilidad económica y ambiental para la formulación de un programa municipal de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Une Cundinamarca.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mayoría de los problemas ambientales y de saneamiento básico municipal en los municipios de Colombia son generados por el aporte de residuos sólidos orgánicos y por la falta de gestión y cultura hacia el manejo de los mismos, ya que se tienen reportes de que la proporción de residuos sólidos orgánicos a nivel nacional varía de un 65% a un 81%. [1]

En Une el servicio de recolección de residuos sólidos se presta dos veces a la semana y se realiza disposición final por convenio en el relleno sanitario Doña Juana en Bogotá, lo cual significa un recorrido de 86 km en ida y regreso, que representa un gasto administrativo para el municipio y lo pone en dependencia directa con Bogotá para el manejo de los mismos. [2]. Además se está ignorando el valor potencial de los residuos orgánicos que con un adecuado tratamiento podrían servir como compost para el acondicionamiento de los suelos del mismo municipio o podría generar ingresos por la comercialización del producto generado.

Han sido varios los esfuerzos realizados en la gestión ambiental que ha llevado a cabo la alcaldía de Une para generar una conciencia en el manejo de RSO, por ejemplo: el intento de implementación de una planta de compostaje en el 2006 con la dotación de canecas, los constantes llamados de atención por datafono recomendando realizar reciclaje y tener un buen manejo de los residuos, sin ningún resultado, [2] por eso la presente investigación pretende “Realizar un estudio de factibilidad económica y ambiental para la implementación de un programa municipal de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Une Cundinamarca.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Estimar la factibilidad de una propuesta para la implementación de una planta municipal de compostaje de los residuos sólidos orgánicos del área urbana del municipio de Une Cundinamarca.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual de manejo de los residuos sólidos orgánicos (RSO) mediante el análisis del actual Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de Une y la aplicación de encuestas.
- Realizar el estudio técnico de implementación de una planta de compostaje a partir de residuos sólidos orgánicos en el municipio de Une.
- Evaluar los impactos ambientales significativos de implementar una planta de compostaje que tenga como materia prima los residuos sólidos orgánicos del municipio de Une.
- Realizar un breve análisis de mercado referente a la venta de compost que se genere con la implementación de la planta municipal de compostaje.
- Realizar un análisis costo/beneficio de implementación de una planta municipal de compostaje a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el casco urbano del municipio.
- Hacer un breve análisis de los factores sociales que influyen en la factibilidad de la propuesta de implementación de una planta municipal de compostaje en Une.

4. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El análisis del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Une (PGIRS) fue fundamental para evaluar la pre-factibilidad de implementación de una planta municipal de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, ya que a partir de este se evidenció la necesidad de estudiar a profundidad dicha propuesta y por lo tanto justificar la importancia del presente estudio. Además con la revisión de este documento se elaboró parte del diagnóstico ambiental de manejo de los residuos sólidos orgánicos en el municipio de Une.

Según los datos del PGIRS se están generando actualmente 26,52 toneladas al mes de residuos orgánicos. Además recomiendan: *“Las 26,52 toneladas al mes de residuos orgánicos generados en el municipio de Une pueden ser llevados a una planta de reciclaje y con la formulación de una estrategia de preselección en sitio por los distintos productores de residuos haría muy eficiente el aprovechamiento de estos elementos bajo una clasificación muy básica si se quiere como alguna vez se intento pero con resultados muy bajos a mediano plazo, la trazabilidad de este tipo de proyectos se arraiguen en una cultura ciudadana que se inculca desde la misma escuela a los habitantes más jóvenes quienes deben dinamizar estos pre proceso en la búsqueda de soluciones ambientalmente sostenibles”*. [3]

Según el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), si se pretende realizar un programa municipal de compostaje debe realizarse un estudio de factibilidad técnico, económico, y ambiental. Para lo cual cita lo siguiente: *“Al igual que en otros casos de disposición final u otro tipo de aprovechamiento, los sistemas de compostación deben tener el estudio de factibilidad económica de acuerdo a lo estipulado en el literal F.4.2.2”* [4].

Diversos son los Municipios de Colombia que han implementado plantas de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Unas han tenido éxito y otras solo han generado problemas de saneamiento ambiental.

Son varios los factores que influyen sobre el éxito o fracaso de un programa municipal de compostaje. Las plantas municipales de compostaje que llevan varios años de funcionamiento y mantienen una buena imagen ante la comunidad, evidencian una buena planeación, organización, dirección y control; lo cual las ha llevado a contribuir a la sostenibilidad ambiental de sus municipios, un ejemplo de ello es la empresa de servicios públicos de Cajicá, que con una planta de

compostaje semimecanizada, convierte 50 ton/día de residuos sólidos orgánicos en compost. [5].

5. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

El presente estudio se desarrolló en 8 fases, las cuales se presentan a continuación de manera detallada:

5.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Esta fase incluye todo el trabajo que se realizó durante la elaboración del anteproyecto, el diseño experimental, el trabajo de campo y todas las demás etapas del estudio. En resumen, se elaboró el estado del arte en materia relacionada a proyectos de investigación similares.

En el marco de las observaciones encontradas durante el anteproyecto, se procedió a estudiar temas más específicos y se comenzó con la revisión de los siguientes documentos:

- Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Une Cundinamarca. Actualización 2012. Ing Deisy Constanza Melo Carlos..[3]
- Plan de Desarrollo Municipal.(2008-2011). [2]
- Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del Municipio. Todo Ambiente Ltda. 2008.[6]

Mediante el análisis de los anteriores documentos, se elaboró un resumen y filtrado de la información, lo cual sirvió para la elaboración del primer capítulo del presente trabajo, donde se describe de manera general las condiciones biofísicas y socioeconómicas del municipio.

Finalmente se realizó una revisión de bibliografía especializada en el tema de aprovechamiento de residuos sólidos municipales mediante compostaje, tipos de compostaje, entre otros

5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se diseñó una encuesta de sondeo de opinión y pre-factibilidad del mercado del compost. Esta encuesta se elaboró con el fin de medir algunas variables representativas a la hora de diseñar un programa municipal de compostaje en el municipio. Por ejemplo, saber el tipo de disposición o manejo que se les da a los

residuos sólidos, especialmente a los residuos sólidos orgánicos, el grado de educación ambiental que existe en la población, la posible participación en el programa municipal de compostaje por parte de los habitantes, evidenciar la

posible existencia de un mercado para el compost que se genere con la implementación de la planta, entre otros. (*Revisar anexo 1*).

La encuesta como herramienta para la recolección de información primaria que sirva para la realización de un diagnóstico más completo y detallado de todos los aspectos de una población, ha sido empleada en diferentes estudios de factibilidad para la implementación de programas de aprovechamiento de residuos sólidos. Por lo tanto, la encuesta diseñada para el presente estudio se basó principalmente en los siguientes documentos, los cuales tenían dentro de su estudio una encuesta:

- Programa para la gestión de los residuos sólidos orgánicos para la ciudad de Bogotá, D.C. Versión 2. Marzo de 2010. Unidad Administrativa de Servicios públicos de Bogotá.[7]
- Estudio de factibilidad de un plan piloto de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Alexandra en la Localidad de Kennedy, en Bogotá. Tesis de pregrado. 2005.[8]

En primer lugar, se realizaron 15 encuestas piloto que permitieron encontrar algunas falencias dentro del diseño de la encuesta, por ejemplo: el uso del término “compostaje” no era conocido por las personas a las cuales se les aplicó la encuesta piloto, además lo dispendiosa y larga de la encuesta ocasionaba falta de concentración en los encuestados que tenían que responder a 24 preguntas.

Por lo tanto, la encuesta fue sometida a otra revisión y se dejaron finalmente 17 preguntas, teniendo en cuenta las observaciones de los encuestados y algunas recomendaciones de profesionales expertos en el tema.

Seguidamente, se determinó la población, se calculó la muestra y se diseñó el marco muestral que se emplearía en la visita de campo al municipio de Ure. La cual fue llevada a cabo durante la semana del 20 al 27 de septiembre del 2012.

La metodología de muestreo se basó en los lineamientos dados en el documento: “Tamaño de una muestra para una investigación de mercado”. [9]

Para empezar, se calculó el tamaño de la muestra, teniendo en cuenta que la población en este caso fueron las unidades residenciales, es decir, cada una de las viviendas, que para este caso según la oficina de servicios públicos de la Alcaldía Municipal, actualmente están registradas 906 viviendas con prestación del servicio de aseo.

5.2.1 Cálculo del Tamaño de la Muestra conociendo el Tamaño de la Población.

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

Ecuación 1. Tamaño de una muestra. [9]

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

En donde:

n= número de encuestas a aplicar

N = tamaño de la población.

Z= nivel de confianza

p=probabilidad de éxito, o proporción esperada.

q= probabilidad de fracaso

d=precisión (error máximo admisible en términos de proporción) rango entre (3% y 7%).

Es pertinente aclarar que la confiabilidad se considera buena a partir del 90% [8], pero emplear un valor mayor significa mayor número de encuestas y por razones de economía y recursos el número de encuestas debía ser el mínimo, pero garantizando unos buenos resultados.

En cuanto a los valores de “p” y “q”, si se desconoce la proporción esperada, se tendría que utilizar el criterio conservador (p = q = 0.5), lo cual maximiza el tamaño de muestra. Además la probabilidad de éxito ó fracaso, debe ser igual, para que se garantice un buen estudio. [9]

Por último, Según diferentes seguridades, el coeficiente de Z_{α} varía así:

- Si la seguridad Z_{α} fuese del 90% el coeficiente sería 1.645
- Si la seguridad Z_{α} fuese del 95% el coeficiente sería 1.96
- Si la seguridad Z_{α} fuese del 97.5% el coeficiente sería 2.24
- Si la seguridad Z_{α} fuese del 99% el coeficiente sería 2.576

Entonces, acorde a lo anterior, se resolvió la ecuación con los siguientes datos:

Precisión = 7%

Confiabilidad = 90%

p y q= 0.5

$$n = \frac{906 * 1,64^2 * 0,5 * 0,5}{0,07^2 * (906 - 1) + 1,64^2 * 0,5 * 0,5}$$

Para un total de 135 encuestas.

5.3 TRABAJO DE CAMPO

Las 135 encuestas fueron aplicadas alrededor de todo el municipio, de manera aleatoria simple. Se escogieron manzanas del municipio al azar y se realizaron las encuestas puerta a puerta.

El estrato no se tuvo en cuenta como patrón para realizar el número de encuestas por dos razones: la primera, se debe a la zonificación, el municipio de Une no cuenta con una delimitación geográfica de estratos, esto quiere decir que se puede encontrar una vivienda estrato 3 al lado de una estrato 1 ó 2; la segunda razón, es el bajo nivel de correlación que puede tener un programa de compostaje municipal con los estratos socioeconómicos en un municipio como Une, donde las diferencias no son tan notables como en una ciudad grande.

Figura 1. Mapa delimitación del Municipio de Une. [10]



5.4 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO) EN EL MUNICIPIO DE UNE

Esta fase se dividió en dos partes:

- Análisis de la información del PGIRS

Se resumió la información de este documento y se verificó que las recomendaciones de este apuntan a la implementación a mediano plazo de una planta municipal de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos RSO.

También se estudió en detalle partes del diagnóstico de manejo de las basuras, y se encontraron puntos que no estaban muy completos, así que esas preguntas se incluyeron en las encuestas para complementar el diagnóstico.

- Análisis estadístico de las encuestas realizadas en campo

Se realizó el análisis de las variables incluidas en cada pregunta y todo quedó plasmado mediante diagramas de barras y torta en los cuales se puede evidenciar los distintos comportamientos de la población frente al manejo de los RSO en el municipio. Lo cual se puede revisar en el capítulo 9.2 del presente trabajo.

5.5 ESTUDIO TÉCNICO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE MUNICIPAL EN UNE

Para esta fase, se tomaron como referencia principalmente dos documentos y un libro. El primero se titula: “Manual de compostaje para Municipios” [9]; el segundo documento fue el Reglamento técnico de Agua Potable y Saneamiento básico (RAS) 2000, título F [11], el cual es un parámetro de referencia a nivel nacional para casi cualquier proyecto de construcción referente a sistemas de aseo, saneamiento y tratamiento de aguas; por último, el libro titulado “Gestión Integral de Residuos Sólidos”[12]

En el marco de las observaciones anteriores, es pertinente decir que se tomaron elementos de los tres documentos para lograr un diseño óptimo, pero también se tuvieron en cuenta experiencias anteriores, estudiadas en los antecedentes y en el marco teórico para escoger el tipo de planta de compostaje más apropiado.

El primer paso consistió en realizar la proyección de la población, luego la proyección de generación de Residuos Sólidos Orgánicos RSO y a partir de ello se calcularon los volúmenes que ocuparían dichos residuos en la planta, para así saber el tamaño de los contenedores de basura.

El segundo paso, fue calcular el número de pilas que se necesitaban para tratar el volumen de residuos proyectado dentro de 15 años, y así definir un área máxima para el área de compostaje, el cual dura aproximadamente 4 meses en total.

El tercer paso consistió en hacer el dimensionamiento del cuarto de almacenamiento para el compost, con un máximo de 3 meses, que es lo recomendado por el RAS. [11]

Finalmente, se formularon algunas recomendaciones de operación para la planta y se diseñaron las instalaciones complementarias.

Cabe mencionar, que la planta se diseñó para una vida útil de 15 años, sin embargo, algunos de los recursos pueden variar con el tiempo, por ejemplo: el personal requerido, contenedores de residuos y todos los insumos requeridos.

5.6 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PROPUESTA

Se realizó un repaso de las diferentes metodologías de evaluación de impacto ambiental, luego se escogieron las que mejor aplicaban para el presente proyecto y se realizó una breve descripción de cada una. Dentro de las metodologías que se escogieron están: la lista de chequeo, matriz de impacto ambiental y fotografías.

En primer lugar, se realizó una lista de chequeo para identificar los impactos ambientales principales que podrían presentarse con la implementación de una planta de compostaje municipal.

En segundo lugar, se revisó la bibliografía hasta encontrar una matriz de impacto ambiental de una planta de compostaje, se tomó como referencia esta matriz, se hicieron algunos cambios en ella para adaptarla a la propuesta en estudio y finalmente se formularon las conclusiones producto de la elaboración de la matriz de impacto ambiental para una planta de compostaje manual en Une Cundinamarca.

Como complemento de la matriz y de la lista de chequeo, se tomaron algunas fotos en el terreno donde se piensa implementar la planta de compostaje y se adicionaron imágenes del funcionamiento de la anterior planta, lo cual permite proveer algunos impactos y hacer la gestión ambiental necesaria para no recaer en los mismos errores.

5.7 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA MUNICIPAL DE COMPOSTAJE EN UNE

Esta etapa se dividió en dos partes:

5.7.1 Estudio de mercado

Para el alcance del presente estudio, se realizó un breve análisis de mercado, en el cual se analizaron aspectos como: la demanda, la oferta y los consumidores. Lo cual permite tener una idea del mercado que tendrá el compost una vez la planta entre en funcionamiento.

5.7.2 Estudio financiero

El análisis beneficio-costos de la implementación de la planta comenzó con la cotización de todos los materiales necesarios para la obra civil de la bodega de

almacenamiento, entechado del área de compostaje, oficina y baño. Para lo cual se contó con asesoría de un ingeniero civil y cotizaciones en almacenes de cadena.

Cuando se completó la lista de materiales con sus respectivos precios, se realizaron las cotizaciones referentes a los costos operacionales e insumos; como agua, energía, microorganismos eficientes (EMs), papel medido de pH, entre otros.

En tercer lugar, se fijó un precio para el bulto de compost, basados en los precios del mercado y en los precios que pagan actualmente los habitantes de Une por los abonos. De tal manera que sea un precio asequible para los consumidores potenciales.

Se realizó el análisis en valor presente neto (VPN) de todos los ingresos y costos, para determinar la factibilidad financiera de la propuesta.

5.8 ANÁLISIS DE FACTORES SOCIALES DE LA PROPUESTA

En esta etapa se realizó un breve análisis de los factores sociales del Municipio de Une que podrían representar una amenaza o una fortaleza a la hora de implementar una planta municipal de compostaje que procese los residuos sólidos orgánicos generados por la zona urbana del municipio.

6. MARCO CONTEXTUAL

El presente estudio se desarrolló para analizar la factibilidad de implementación de un programa municipal de compostaje en el municipio de Une, mediante la construcción de una planta para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (RSO).

La siguiente información se extrajo del actual Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que tuvo su última actualización en julio del 2012. [3]

6.1 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE UNE

6.1.1 Ubicación general del Municipio

El Municipio de Une está ubicado en la Provincia de Oriente del Departamento de Cundinamarca, al margen derecho de la vía que de Bogotá conduce a Villavicencio; posee un área aproximada de 208,7 km² que representa el 0.68% del total del área del Departamento y el 9.26% de la superficie de la Provincia, de la cual hacen parte diez municipios de los 114 que posee el Departamento; Une abarca 20.869,33 has. Con una altura de 2.376 m.s.n.m. y una temperatura media de 16°C.

6.1.2 Aspectos climáticos

El municipio de Une carece de estación climática en su jurisdicción por tanto la identificación de los parámetros básicos del clima se infirieron a partir de los registros de la estación Llano largo, ubicada a 2980 m.s.n.m en el municipio de Ubaque y administrada por el IDEAM con código 3502505.

El clima de la localidad puede verse afectado por aspectos propios del paisaje, relieve, cobertura vegetal y poblados circunvecinos; sin embargo factores de incidencia directa como son: Precipitación, temperatura, humedad relativa y vientos, constituyen el soporte técnico de mayor validez para caracterizar estudios relacionados con el medio físico y cualificar la idoneidad del entorno para cumplir con funciones ecológicas.

Tabla 1. Climatología del Municipio de Une

Característica	Unidad	Mínima	Máxima	Promedio
Temperatura ambiente	°C	5.9	17.3	16
Lluvia (dato anual histórico)	mm/año	820.7	1.593,5	1.019,68
Evapotranspiración	mm/año	4.78	5.37	5.05
Humedad relativa	%	-	-	92%

Fuente: IDEAM – EOT Municipio de Une

Los parámetros climáticos: brillo solar, humedad relativa y vientos no se determinan en Llano Grande. Las estaciones que suministran los datos necesarios para evaluar estos factores se encuentran en estaciones aisladas del municipio, razón por la cual no están referenciadas en la tabla.

6.1.3 Geología y geomorfología del municipio

Afloran las siguientes unidades geológicas, de más antigua a más joven: Grupo Clarín, Formaciones Fómeque, Une, Chipaque, y grupo Guadalupe y depósitos cuaternarios.

El municipio de Une, en su componente rural, se encuentra en una región muy escarpada Topográficamente posee un relieve montañoso donde las elevaciones oscilan entre 1.800 y 3.600 m.s.n.m., en sentido norte sur sobresalen el Alto los Reyes, La Cruz, El Gavilán, de Palo Gordo, Pedregal, El Raizal, de La Hoya, Los Barriales, Buenavista, Loma Alto de Trigo, Cuchillas San Salvador, Mundo Nuevo, Los Bancos, Boca Grande, El Buque y Cerro el Buque.

Pendientes suaves: 7-12%: Cubren un área de 8235.71 hectáreas (has) correspondientes al 39.46% del municipio, se distribuyen en el sector central donde la altitud supera los 3000 m.s.n.m. en inmediaciones de las veredas La Mesa, Mundo Nuevo y parte de Bolsitas. En menor proporción se presenta en las veredas Puente tierra y Timasita.

Pendiente moderada: 12-25%: Ocupa 9710.23 has, que representan 46.53% del municipio, se localiza sobre las veredas Bolsitas, Combura, Queca y parte de Llanitos y el Ramal, se relaciona con sectores de laderas suaves.

Pendiente ligeramente fuerte: 25-50°: A lo largo de 2108.120 has que constituyen el 10.10% de Une, se hacen notorias en sectores aislados de las veredas Llanitos, El Ramal y Mundo Nuevo.

Pendientes fuertes: >50°: En los escarpes de las veredas Llanitos, Mundo nuevo y El Pedregal, ocupando 814.239 has que corresponden a 3.902% del municipio.

6.1.4 Relieve en general

La zona de estudio en su totalidad, presenta un gran paisaje montañoso escarpado y colinado. Esta muy degradado por acción fluvio-erosional, perdiendo su conformación y regularidad inicial. Fisiográficamente, el área que involucra el perímetro territorial de Une, corresponde a un gran paisaje denominado relieve montañoso asociado a la cadena montañosa de la Cordillera de los Andes; dentro de esta gran unidad se encuentran las siguientes unidades de paisaje:

Relieve Monoclinal: Localizado al suroeste del área, corresponde a las estribaciones del Macizo de Sumapáz, donde las alturas superan los 3.000 m.s.n.m., constituye la divisoria de aguas entre la parte norte y sur del territorio del municipio, ocupa una extensión de 7691,989 has que representan el 36.86%.

Relieve Sinclinal: También de origen estructural denudativo, presenta un relieve ondulado a quebrado, de montañas y colinas, cuyas laderas presentan una pendiente entre 25° y 35°. Las corrientes superficiales presentan un patrón de drenaje dendrítico controlado en algunos sectores por las estructuras.

Relieve Anticlinal: Presenta un relieve ondulado a quebrado, de montañas y colinas, cuyas laderas presentan una pendiente promedio de 30° y mayores de 40°. El patrón de drenaje es dendrítico a subdendrítico, difuso, controlado por las estructuras y la litología, principalmente de la formación Fómeque, de edad Cretácea.

6.1.5 Caracterización de suelos en Une

El municipio de Une morfológicamente presenta un epiopedón de 40 cm de espesor, de color negro y textura franco arenosa. Seguido de un horizonte Bs, de color gris oscuro, y textura franco arenosa. Sus características son reacción muy ácida a ligeramente ácida, alta a muy alta capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de bases totales en superficie y muy bajos en profundidad, pobres en saturación de calcio y potasio, muy alto contenido de carbón orgánico, normal a alto contenido de fósforo disponibles y alto contenido de aluminio. [6]

El municipio de Une presenta los siguientes usos del suelo:

Urbano: El uso predominante del perímetro urbano ocupando un área de 4.161 Km² con un porcentaje de 0.2% respecto al área total del Municipio. El perímetro urbano está distribuido en 54 manzanas, donde se encuentra el uso residencial y comercial del suelo.

Agrícola: La agricultura constituye una de las actividades económicas más importantes del municipio junto con la ganadería, de la cual derivan sus ingresos una gran cantidad de personas. Debido al predominio del minifundio, se hace un uso intensivo del suelo para maximizar la producción agrícola y pecuaria, lo cual va en detrimento de los recursos naturales. La papa es el principal cultivo. El maíz, arveja, zanahoria, cilantro, cubios, arracacha y otros vegetales. También se cultivan frutales como la mora, el tomate de árbol y la uchuva, pero en menor cantidad

6.1.6 Ganadería

La ganadería extensiva se práctica en superficies de considerable tamaño, sin rotación de potreros ni prácticas culturales de uso del suelo, por lo general tiene bajos rendimientos. El pastoreo semi-intensivo se desarrolla sobre una superficie de menor tamaño, introducción de algunas técnicas de manejo de los pastos, adaptación de especies forrajeras, introducción de razas más productivas y los rendimientos son mejores. En la ganadería intensiva las técnicas son similares a la anterior pero existe una mayor optimización en cuanto a la ocupación de los espacios.

6.1.7 Explotación minera

Constituida por la explotación de material pétreo de la empresa INGENIESA S.A. en la zona norte del municipio. El área de la concesión minera comprende 250 has. y su área de influencia abarca las veredas Timacita, Puente Tierra, Hoya de Carrillos y San Luis. En la actualidad el área de explotación es de 11,85 has., pero esta superficie se incrementa paulatinamente a medida que se incorporan nuevas áreas de explotación. De acuerdo con las perforaciones realizadas se pudo deducir que el depósito de coluvión presenta un espesor irregular a través del área que varía de 5 a 18,6m., de estos un 20% aproximadamente es apto como material útil fuente de agregados pétreos.

6.1.8 Hidrografía principal

El municipio de Une está localizado en el flanco este de la Cordillera Oriental, en las estribaciones del Macizo del Sumapáz, donde nacen los ríos Une o Cáqueza, Sáname y Los Medios o Los Blancos, afluentes del río Negro, cuyas aguas van hacia los llanos orientales.

En lo referente a impactos ambientales derivados de contaminación del agua por mala disposición de residuos sólidos no se encontró ningún caso en las visitas de campo realizadas para la actualización del PGIRS.[3]

6.1.9 Conectividad con municipios cercanos

El municipio de Une se encuentra ubicado entre los municipios de Cáqueza, Chipaque y Fosca conectado por medio de vías despavimentadas; Une se encuentra a 4.3 Km. de la vía principal que comunica a Bogotá y Villavicencio.

Tabla 2. Conectividad con municipios cercanos

Localidad	Comunicación	Estado de la vía de acceso	Distancia (Km)	Condiciones topográficas	Tiempo normal de recorrido
Cáqueza	Terrestre	Bueno	18.5	Pendiente media	0.45
Bogotá	Terrestre	Bueno	30.7	Pendiente media	1.00
Fosca	Terrestre	Regular	21.4	Pendiente media	1.00
Gutiérrez	Terrestre	Regular	22.1	Pendiente media	1.035

Fuente: PGIRS de Une, 2012

6.1.10 Caracterización socioeconómica del municipio

Las actividades de agricultura y ganadería son los principales renglones económicos del municipio, con predominancia de los cultivos de papa.

También se cultiva el maíz, la zanahoria, el cilantro, arracacha y frutales como la mora, la uchuva y el tomate de árbol, en menor proporción

Tabla 3. Identificación de las principales actividades económicas del municipio.

Sector económico	Actividad	Valor producción millones/año	Número de empleos generados para la comunidad
Recursos Naturales	Agrícola	\$ 20.605.320	3423
	Pecuaria	\$ 12.236.234	1834
	Minería	-	-
	Forestal	-	-
Transformaciones de materia prima	Agroindustrial	-	-
	Producción de alimentos	\$ 3.216.231	1050
	Madera	-	-
	Metales	-	-
	Materiales para construcción	-	-
	Artesanías	-	-
Servicios	Gobierno	-	5
	Salud/Educación	\$768.000.000	32
	Finanzas	-	-
	Comercio	-	-
	Transporte	-	-
	Recreación	-	-

Fuente: PGIRS de Une, 2012

Tabla 3. Principales condiciones sociales de la comunidad

Indicador educación	Urbano	Rural
Nivel más frecuente de escolaridad (número de años de educación)	Secundaria	Primaria
Tasa de deserción escolar niños	2 %	3,2%
Tasa de deserción escolar niñas	1,5%	3,3%
Tasa de analfabetismo	-	-
Tasa de ausentismo escolar de niños por trabajo en residuos sólidos	0	0
Tasa de ausentismo escolar de niñas por trabajo en residuos sólidos	0	0

Fuente: PGIRS de Une, 2012

En el Municipio, la educación secundaria se ofrece solo en el área urbana, en el área rural solo se ofrece servicio de educación de primaria y la tasa de deserción escolar discriminada por sexo, indica que en el área rural se presenta el mayor porcentaje de los casos en las niñas, seguido de los niños. En el área urbana el fenómeno se comporta en igualdad de condiciones para los dos sexos durante toda la formación. No existe ausentismo escolar en niños por realización de trabajo en residuos sólidos.

Tabla 5. Ingresos destinados al servicio de aseo.

Ingresos municipales	Inversión
Corrientes	
Impuesto predial	
Otros impuestos	
Transferencias	\$58.135.290
No corrientes	
regalías	
otros	
TOTAL	\$58.135.290

Fuente: PGIRS de Une, 2012

6.1.11 Estratificación

En el municipio, el estrato con mayor incidencia es el estrato 1 con 48%, sigue el estrato 2 con 29% y el estrato 3 con 21%. No existen predios clasificados como grandes productores. Sin embargo es importante mencionar que el número de usuarios urbanos registrado actualmente ante la oficina de servicios públicos es de 906 viviendas. [3]

Una característica importante de este Municipio es que no se encuentran los estratos zonificados geográficamente, ya que la asignación de estratos se da por las pertenencias e ingresos que tenga la persona, más no por la ubicación dentro del municipio.

Tabla 4. Estratificación socioeconómica del municipio

Tipo de Usuario		Número de predios urbanos
Residencial	Estrato 1	405
	Estrato 2	246
	Estrato 3	179
	Estrato 4	
	Estrato 5	
	Estrato 6	
Grandes productores	comerciales	No existen
	Industriales	
	Institucionales	
	Especiales	
Pequeños productores	Comerciales	
	Industriales	
	Institucional	11
	Especiales	
Total predios		841

Fuente: PGIRS de Une, 2012

7. MARCO TEORICO

7.1 CONCEPTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO)

Los residuos sólidos orgánicos (RSO) hacen parte de los residuos sólidos domiciliarios, que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen son generados en actividades realizadas en viviendas o cualquier establecimiento asimilable a éstas. Los RSO se caracterizan por su alto contenido de humedad y provienen principalmente de los vegetales, frutas y alimentos procesados. Sin embargo, hay otro grupo de residuos sólidos orgánicos, como los residuos de jardín, estiércol, fangos de plantas de tratamiento de aguas, plazas de mercado y mataderos. [1]

Dentro de todas las sociedades la generación de RSO se convierte en un problema, debido a las limitantes de espacio que hay para la disposición de los mismos o a los altos costos de tratamiento para su eliminación. Debido a esto, se han llevado a cabo investigaciones en torno al tema que permitan encontrar alternativas de manejo al tratamiento de los RSO y su aprovechamiento. Entre ellas la bibliografía ofrece tecnologías de conversión, que se basan en los principios biológicos y químicos para transformar la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos RSU en productos de conversión gaseosos, líquidos y sólidos.

Por las consideraciones anteriores, el enfoque de este proyecto de grado se centra en los procesos biológicos porque son ellos los que se han utilizado más frecuentemente para la transformación de los materiales de residuos orgánicos. Dentro de estos procesos se encuentra el compostaje.

7.2 COMPOSTAJE COMO ALTERNATIVA DE MANEJO DE LOS RSO

El compostaje es un proceso mediante el cual la materia orgánica contenida en los residuos generados se convierte a una forma más estable, reduciendo su volumen y creando un material apto para cultivos y recuperación de suelos.

En este propósito de manejar y tratar los RSO, se han diseñado modelos de plantas de compostaje que permiten tener un mayor control de los parámetros biológicos y ambientales para lograr obtener un compost de calidad, el cual

constituye una alternativa al empleo de fertilizantes minerales y contribuye a mejorar la agroproductividad de los suelos.

Para que todo lo anterior funcione no basta con la simple construcción de una planta compostadora, sino que es necesario que se enmarquen una serie de acciones específicas dentro de un programa municipal de compostaje, el cual consta de cinco componentes básicos: separación, recolección, tratamiento, distribución y utilización.

Es importante aclarar que la formulación de un programa municipal de compostaje debe fundamentarse en un marco legal normativo nacional, municipal y local, además tener en cuenta aspectos técnicos, políticos, económicos, administrativos y sociales.

La primera etapa es parte fundamental ya que define el éxito de un programa de compostaje. Como lo afirman algunos autores que han trabajado en el tema “El éxito de un programa de reciclaje tanto para materiales orgánicos como inorgánicos, depende de una correcta separación en el origen ya que aumentará la pureza de cada tipo de residuos y la eficiencia del tratamiento (incluyendo productividad de los trabajadores).”[13]

7.3 COMPONENTES DE UN PROGRAMA MUNICIPAL DE COMPOSTAJE

Retomando la idea anterior los componentes de un programa municipal de compostaje son: La separación, recolección, tratamiento, distribución y utilización. [14]

- Separación: consiste en segregar los residuos orgánicos (como restos de alimentos y papel), factibles de descomponerse biológicamente vía un proceso de compostaje, de otros residuos no compostables (como vidrio, metal y plásticos). Entre más cercana al origen de la generación se realice esta separación, menos contaminados estarán los residuos y mayor será la calidad de la composta terminada.
- La recolección: consiste en el traslado de los residuos separados en diversas fuentes de generación al sitio de tratamiento, sea éste una pila en el jardín o huerto, una compostadora o una planta de composta. Cuando se trata de una operación doméstica o de pequeña escala, generalmente hay solo una o dos fuentes de generación (la cocina y el jardín, por ejemplo), y el traslado es a una distancia pequeña y puede realizarse a mano o con una carretilla. Cuando se trata de operaciones intermedias o grandes,

existen muchas fuentes (hogares, establecimientos, etc.); las distancias son mayores y suele requerirse de vehículos para su transporte.

- El tratamiento: Es el proceso de compostaje en sí. Los ingredientes principales del compostaje son nitrógeno, carbono, oxígeno y agua. Estos factores proveen el ambiente idóneo para la actividad microbiana de degradación de la materia orgánica. A través del control y el monitoreo de los cuatro factores mencionados, se puede favorecer, incluso acelerar, el proceso de degradación.

Para el tratamiento existen diversas escalas, desde la domiciliaria que emplea pequeñas canecas adecuadas para el tratamiento de los RSO de una sola vivienda, hasta mayores escalas donde se realizan pilas, tanques o naves cerradas de compostaje.

La forma más empleada es mediante pilas ya que no requiere más que el acondicionamiento del terreno. Esta estructura es muy versátil y permite adecuar el proceso según las necesidades del clima, la materia prima o los recursos económicos disponibles. En contraste las naves cerradas aíslan el proceso de los efectos del clima, permiten mayor control del proceso y también permite un diseño versátil. Dentro de un tanque, el control del proceso es más estricto y se circunscribe a los parámetros de diseño, por lo que disminuye la variabilidad del proceso. Esta forma de producción es mucho más elaborada y con un costo inicial más elevado, sin embargo, los costos unitarios del producto final son más bajos y la calidad del producto final puede ser altamente controlada.

En cuanto a los factores críticos, el carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo vivo, y deben encontrarse en proporciones adecuadas para un buen compostaje. Los microorganismos de una composta utilizan el carbono para conseguir energía, y el nitrógeno para la síntesis de proteínas. El parámetro que mide esta proporción se llama relación “carbono:nitrógeno” (C:N), y los valores ideales de esta relación C:N para un buen compostaje se encuentran entre 25:1 y 35:1 (esto es, 25 de C por uno de N y 35 de C por uno de N).

El oxígeno es elemento esencial para la descomposición aerobia y la supervivencia de la microbiota de la composta. Cuando falta oxígeno en la mezcla, mueren los organismos aeróbicos y comienza una descomposición anaerobia (que es más lenta y despiden olor desagradable)

La aireación debe balancearse con el mantenimiento de la humedad, ya que el agua es otro elemento esencial para la supervivencia de los microorganismos que participan en el compostaje y el exceso de aire puede secar la mezcla. La humedad óptima del proceso de compostaje es del 50%

que al finalizar proceso se reducirá hasta un 30 o 40%. La falta de humedad provocara una sensible disminución de la actividad microbiana, por lo que se paralizara la degradación y bajara la temperatura. Un exceso de humedad también tiene consecuencias negativas, pues dificulta la circulación del oxígeno y puede provocar la descomposición anaerobia de la mezcla. En una operación de compostaje, sea esta a gran o pequeña escala, debe haber un monitoreo de la humedad. Si hay exceso de humedad, se puede airear la mezcla o agregar elementos secos como paja y desperdicio de papel que absorban la humedad. Si falta humedad, se puede regar la mezcla o taparla con plástico para reducir la evaporación del agua. Las operaciones centrales del compostaje son la degradación, la pasteurización y la maduración; estas pueden identificarse por la temperatura de la mezcla. Al inicio, la temperatura se eleva rápidamente hasta alcanzar una fase termofílica (temperaturas superiores a los 50° C). Cuando la degradación termofílica termina, se obtiene la composta inmadura. Esta todavía tiene que ser degradada lentamente y a temperatura ambiente, proceso que se conoce como “maduración”. La pasteurización se lleva a cabo durante la fase termofílica y consiste en dos etapas. En la primera se incrementa la temperatura de los materiales a cerca de 35° C para favorecer la germinación de semillas y esporas. En la segunda, se eleva a 55° C y se mantiene el material a esa temperatura durante varios días, hasta que se presenta la fase de la muerte de los microorganismos termofílicos. Cuando la temperatura baja después de la pasteurización, solo se desarrollaran los microorganismos que estén presentes en el suelo natural. La pasteurización es necesaria para eliminar los patógenos de plantas, animales y humanos.

En resumen, es necesario tener en cuenta para el diseño de la planta compostadora todos los factores que influyen en su buen funcionamiento, los cuales son: el volumen de residuos a tratar, el tipo de residuos, necesidades de terreno, proporción carbono:nitrógeno, humedad, temperatura, tipos de microorganismos, metabolismos microbianos, fuentes de carbono y energía, necesidades de nutrientes y factores de crecimiento, pH, oxígeno y necesidades de aireación, tamaño de partículas, control de patógenos y finalmente el grado de descomposición que se pretende lograr. [12]

- **Distribución y utilización:** La distribución es el traslado de la composta producida a los sitios en donde se va a utilizar. En operaciones a pequeña escala, no requiere de mayor planeación ni equipo, pues las distancias suelen ser muy cortas y pocos sus usuarios finales. En el caso de grandes operaciones, es necesario identificar a los usuarios y las formas de acceder a ellos para la entrega de la composta o bien los horarios y mecanismos para que los usuarios la recojan en la misma planta. Para la distribución

deben considerarse los vehículos, las rutas, los contenedores, los empaques, la frecuencia, así como las necesidades de los usuarios finales.

7.4 TIPOS DE PLANTAS MUNICIPALES DE COMPOSTAJE

La unidad de compostaje forma el corazón de la planta de compostaje. Existen tres tipos fundamentalmente diferentes de procesos de compostaje:

- El compostaje manual con o sin ayuda de organismos aditivos (lombrices, enzimas etc.)
- El compostaje semi- mecanizado.
- El compostaje mecanizado.

Aunque sean muy diferentes las operaciones técnicas para estos tipos de compostaje, son el mismo el proceso biológico, la necesidad de mezcla/ revuelta, movimiento, aireación y humedecimiento del material y los parámetros de ajuste de la planta. [15]

Los distintos sistemas de compostaje intentan optimizar cada uno de los factores que intervienen en el compostaje, mediante diversos medios técnicos. En principio, ningún sistema es objetivamente el mejor, y las condiciones particulares de cada instalación deben evaluarse para desarrollar un programa exitoso de compostaje. [15]

Las siguientes descripciones de diferentes sistemas de compostaje se basaron principalmente en dos documentos, el primero es el de la empresa Emison de Barcelona [16] y el segundo es un manual titulado “Manual de Compostaje Para Municipios” de Eva Roben [17]. Así que, hay párrafos que son fiel copia de los documentos anteriormente mencionados, ya que son parámetros puntuales que son difíciles de resumir o cambiar, como lo es la descripción de funcionamiento de un sistema en específico, sus ventajas, desventajas y recomendaciones que ya están dadas por otras investigaciones.

7.4.1 Pilas estáticas (windrows)

La tecnología para el compostaje en pilas es relativamente simple, y es el sistema más económico y el más utilizado. Los materiales se amontonan sobre el suelo o pavimento, sin comprimirlos en exceso, siendo muy importante la forma y medida de la pila.

Las medidas óptimas oscilan entre 1 a 2 metros de altura, por 2 a 4 metros de ancho, siendo la longitud variable. La sección tiende a ser trapezoidal, aunque en zonas muy lluviosas es semicircular para favorecer el drenaje del agua.

Las pilas son ventiladas por convección natural. El aire caliente que sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira el aire de los lados. La forma y tamaño óptimo de la pila depende del tamaño de partícula, contenido de humedad, porosidad y nivel de descomposición, todo lo cual afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila.

El tamaño y la forma de las pilas se diseñan para permitir la circulación del aire a lo largo de la pila, manteniendo las temperaturas en la gama apropiada. Si las pilas son demasiado grandes, el oxígeno no puede penetrar en el centro, mientras que si son demasiado pequeñas no calentarán adecuadamente. El tamaño óptimo varía con el tipo de material y la temperatura ambiente.

Una vez constituida la pila, la única gestión necesaria es el volteo o mezclado con una máquina adecuada. Su frecuencia depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con que deseamos realizar el proceso, siendo habitual realizar un volteo cada 6 - 10 días. Los volteos sirven para homogeneizar la mezcla y su temperatura, a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5 o 10 °C, subiendo de nuevo en caso que el proceso no haya terminado.

Normalmente, se realizan controles automáticos de temperatura, humedad y oxígeno para determinar el momento óptimo para efectuar el volteo.

El proyecto debe hacerse evitando que las máquinas volteadoras pasen por encima de la pila y la compacten. Los lados de las pilas pueden ser tan verticales como lo permita el material acumulado, que normalmente conduce a pilas sobre dos veces más anchas que altas.

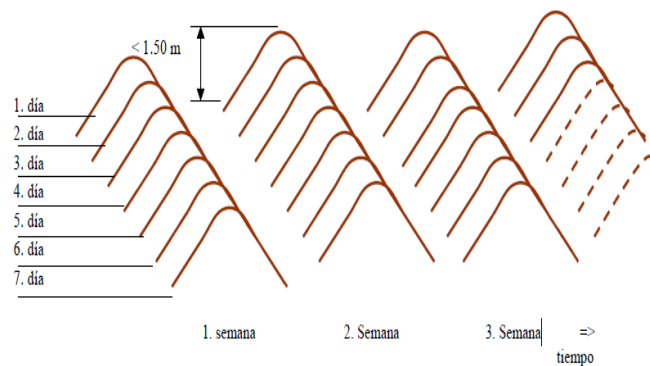
Actualmente, se tiende a realizarlo en naves cubiertas, sin paredes, para reutilizar el agua de los lixiviados y de lluvia para controlar la humedad de la pila. La duración del proceso es de unos dos o tres meses, más el periodo de maduración. El compostaje en pilas es el sistema más antiguo y más sencillo. La operación de este sistema es muy fácil. Después de haber separado todo material foráneo (materiales no biodegradables) de la basura biodegradable, aunque lo ideal es que exista una óptima separación en la fuente, muchas veces el material no llega con las condiciones que se necesitan para realizar el compostaje.

Para la aplicación por municipios, es más importante no superar el tamaño máximo de una pila. Si las pilas son más altas que 1.50 m, la aireación natural se

impide y pueden ocurrir condiciones anaeróbicas (para sistemas de compostaje con aireación artificial, ese límite es de 2.50 - 3.00 m).

Una tonelada de basura corresponde aproximadamente a una pila (pila no aireada de 1.50 m altura). Se formarán filas con los montones de basura; una fila correspondiente al material de una semana. El sistema se muestra en el siguiente dibujo:

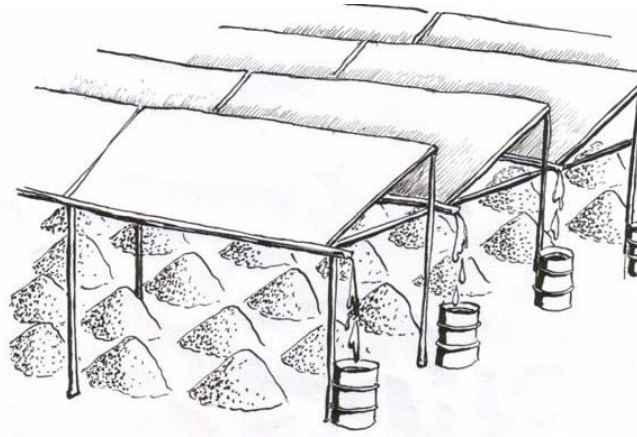
Figura 2. Compostaje en montones o pilas. [17]



Las pilas de material biodegradable se deben cubrir con pasto, hojas de planta de banano o material similar para evitar el problema de olor y no atraer las moscas. Una vez por semana se deben mezclar las pilas para airear y homogenizar el material. La mezcla/ revuelta del material se puede hacer manualmente con palas. Se debe remover el material de cobertura para la mezcla/ revuelta.

Cuando se construye el techo, es importante que no impida el ingreso de viento. Se recomienda hacer una construcción ligera abierta a los cuatro lados. El techo se puede cubrir con zinc o con materiales naturales de construcción (pasto, hojas de palma, helecho, fronda, bananero etc.). El siguiente dibujo se muestra un ejemplo de cómo se podría cubrir el área de compostaje.

Figura 3. Cubierta del área de compostaje. [17]



Se pueden poner ductos para conducir el agua de lluvia a recipientes. De esta manera, se puede acumular el agua de lluvia para el riego de las pilas (si necesitan riego), en lugar de traer agua de afuera, lo que sería difícil y costoso. El riego se puede hacer con regadoras manuales, como se utilizan en la horticultura.

La biodegradación principal ocurre durante los primeros 3 meses del proceso. Es importantísimo que se haga regularmente la mezcla/ revuelta del material y que se controle la humedad. Se puede medir la humedad con un método muy simple, sin instrumentos. Se toma una pequeña cantidad del material en la mano y se aprieta el material. Si salen 2 - 5 gotas de agua, la humedad es buena. Si sale menos agua, se necesita regar; si sale más, el riego debe ser interrumpido o, si es por causa de demasiada lluvia, se debe construir un techo para la planta de compostaje.

El compost debe ser humedecido durante los primeros 3 meses. La duración total del proceso será de 6 meses. Después de este periodo, el compost será maduro y no contendrá ingredientes fitotóxicos, bacterias patógenas y otros materiales nocivos. Si se cosecha el compost antes del periodo de 6 meses, no se puede garantizar que el producto esté completamente higienizado. Se recomienda construir el techo de manera que toda el área de compostaje se quedé bajo techo.

Como el volumen del material disminuye con el progreso de la biodegradación, se pueden combinar dos pilas para hacer una, con el fin de economizar el espacio. Si se combinan pilas, es importante que sean pilas que tengan aproximadamente la misma edad, para no mezclar compost maduro con compost inmaduro.

7.4.2 Pilas estáticas ventiladas

Este mecanismo consiste en colocar los RSO sobre una tubería en forma de espina de pescado perforada, la cual va conectada a un compresor, con el cual se inyecta aire, para controlar de esta manera la cantidad de oxígeno necesario para el proceso de degradación.

El sistema también cuenta con unos sensores que le permiten registrar los datos de temperatura y activar la inyección de aire cuando sea necesario de manera automática.

Debido a que no hay mecanismos de mezclado, este tipo de compostaje suele utilizarse más para residuos homogéneos, como los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas, que mezclados con aserrín u otros residuos secos forman una mezcla homogénea que no requiere de volteos. Lo contrario sucede con los RSO urbanos, que al ser muy heterogéneos requieren de una mezcla y volteo constante.

Este sistema permite la rápida transformación de residuos orgánicos en fertilizantes. La ventilación controlada impulsa la actividad de los microorganismos artífices del proceso de compostaje. El sistema es también más económico por la poca intervención mecánica que se requiere. La capacidad del compostaje varía según el número de unidades de soplador y su tipo de modelo, así como también la naturaleza de los residuos orgánicos a tratar.

El proceso suele durar de 4 a 8 semanas, y luego se apila el producto durante 1 a 2 meses para que acabe de madurar. Puede usarse en combinación con otras tecnologías de compostaje. Con un adecuado pre tratamiento de los residuos orgánicos, el exceso de humedad y las condiciones anaerobias de fermentación pueden reducirse.

7.4.3 Sistemas cerrados

Los procesos en túneles, contenedores o en tambor son procesos modulares que permiten ampliar la capacidad de tratamiento, añadiendo las unidades de tratamiento necesarias. El recipiente puede ser cualquier cosa, desde un silo a un foso de hormigón. Como se trata de sistemas cerrados, es posible tratar los olores producidos por una eventual descomposición anaerobia.

En general se hace uso de sistemas de ventilación forzada, este tipo de sistemas cerrados se valen de la gravedad para mover el material a través del mismo, lo cual lo hace preferible para residuos homogéneos. Sin embargo existen otros tipos

de sistemas en el mercado que combinan los sistemas cerrados con otro tipo de sistema interno que ejecuta la mezcla de manera mecánica, siendo estos más eficientes que los anteriores.

Una de las ventajas de los sistemas cerrados es que se pueden controlar los olores, asimismo, se incorpora un sistema de ventilación para el aporte de oxígeno necesario a los microorganismos. De este concepto cabe resaltar el bajo consumo energético, sobre todo en el caso de procesos por cargas, y el poco personal necesario para la operación.

La evolución de los sistemas de compostaje a sistemas cerrados ha representado un avance muy importante en este tipo de tratamientos, tanto desde el punto de vista de proceso como por la calidad del producto final, favoreciendo el uso del compostaje como tecnología moderna de tratamiento de la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos.

Las variables de proceso, tales como contenido de humedad, composición de nutrientes, temperatura, pH, cantidad de gas, tiempo de retención, etc., pueden ser controladas, dirigidas y optimizadas. Esto conlleva una degradación más rápida y completa con una mínima contaminación de los alrededores.

En los últimos 10 años, el desarrollo de las técnicas de tratamiento de estos tipos de materia orgánica ha sido extremadamente intenso, sobre todo, en el caso de los sistemas cerrados.

7.4.4 Compostaje en tambor

Este sistema es utilizado principalmente en los países centroeuropeos y nórdicos. Consiste en un tambor giratorio diseñado de distintos tamaños y generalmente en acero, lo cual permite un aislamiento térmico y control de olores mediante salidas que están conectadas a biofiltros, a través de los cuales se eliminan los olores desagradables producto de la descomposición de la materia orgánica.

El líquido de los residuos, liberado durante la transformación de las sustancias orgánicas, es re-alimentado al residuo orgánico por la rotación intermitente del sistema, manteniéndose dentro del mismo.

El proceso de descomposición tiene lugar dentro del tambor de compostaje. Gracias a la rotación intermitente de la unidad de compostaje, el material es desembrollado, homogeneizado y desfibrado de forma selectiva con un resultado óptimo.

Al final del ciclo, el material dispone de un óptimo grado de homogeneización, está

desembrollado, no tiene ningún olor desagradable, es inocuo en lo que se refiere a la salud humana, y tiene un contenido óptimo de humedad para la eliminación de contaminantes y para el compostaje secundario.

7.4.5 Compostaje en túneles

Aquí, el proceso tiene lugar en un túnel cerrado, generalmente fabricado en hormigón, con una vía de ventilación controlada por impulsión o aspiración, para el aporte de O₂, imprescindible para los microorganismos. La diferencia con el proceso anterior, reside en que aquí el residuo se encuentra estático y el proceso es completo.

7.4.6 Compostaje en contenedor

Es una técnica pareja a la anterior. La diferencia reside en que, en este sistema, el compostaje se realiza en contenedores de acero, generalmente de menor tamaño que los túneles de hormigón. A menudo es un proceso en continuo, con carga del material a compostar en la parte superior y descarga por la parte inferior.

El compostaje en contenedores se puede realizar muy flexiblemente. Ya que se pueden operar varios contenedores independientes, es posible realizar el compostaje de diferentes materiales en diferentes contenedores y arreglar los parámetros (aire, agua) según las necesidades específicas. Las emisiones se pueden controlar muy bien.

Del otro lado, el sistema tiene algunas desventajas. Por ejemplo, el costo de inversión para los contenedores es muy alto. Además, los contenedores son sistemas susceptibles a daños mecánicos. Son aptos para compostar basura biodegradable con procedencia de la clasificación domiciliaria, desechos de parques y jardines, desechos mezclados con estiércoles etc. pero no se pueden utilizar para el compostaje de basura doméstica no clasificada. El contenido alto de materiales foráneos causaría muy probablemente daños al equipamiento.

El compostaje en contenedores es un sistema apto para municipios de tamaño medio, que tienen bastantes recursos para la inversión, la capacidad técnica para operar los contenedores y que ya tienen establecido un sistema de clasificación domiciliaria.

El proceso de compostaje tiene lugar en una nave cerrada. La ventilación se realiza mediante una placa en la base y/o con ayuda de diferentes tipos de unidades rotativas (volteadoras). Las plantas modernas están totalmente

automatizadas y equipadas con volteadoras, las cuales se mueven por medio de grúas elevadoras y pueden alcanzar el compostaje total del área de la nave.

Los procesos descritos pueden definirse en estáticos o dinámicos; en los primeros el residuo es ventilado sin rotación (compostaje en túnel o en contenedor), mientras que, en los segundos, el residuo es ventilado y volteado como sucede en los otros dos.

7.5 MADURACIÓN Y USOS DEL COMPOST

La maduración puede considerarse como el complemento final del proceso de fermentación, disminuyendo la actividad metabólica, con lo cual cesa la demanda de oxígeno. Una vez que ha finalizado el proceso de maduración, el compost puede almacenarse hasta el momento de su venta o aplicación al terreno. El compost se vende a granel y en envases de 2, 5, 20 y 60 litros y su uso principal es el de enmienda o fertilizante en procesos agrícolas.

7.6 TRATAMIENTO DEL OLOR

El control de olor es uno de los intereses primarios en las grandes instalaciones de compostaje, especialmente si se ubican cerca de áreas residenciales. La buena gestión del proceso y el quehacer cuidadoso puede reducir los olores, pero en muchos casos todavía se requerirá algún método del tratamiento del olor. Hay varias opciones para el tratamiento del olor, incluyendo el químico, la destrucción térmica y la biofiltración. En muchos casos, la biofiltración es la opción más económica y la más efectiva, y que, hoy en día, es de uso generalizado en la industria de compostaje.

Para el caso de la presente propuesta, se encuentra que en plantas manuales, no se necesita un tratamiento tecnológico del aire. Es verdad que hay emisiones olfatorias fuertes durante las primeras dos fases de descomposición y cada vez que se remueve el material, pero se puede minimizar los impactos negativos con métodos sencillos y económicos. Se pueden cubrir las pilas con pasto ó con una capa fina de (5-10 cm) de abono listo de la fracción gruesa. Los dos materiales sirven como filtro biológico y pueden añadirse al material a compostar cuándo se termine su vida útil. [17]

7.7 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

Se producen aguas lixiviadas en cada planta de compostaje. Estos líquidos contaminantes se generan con el agua que contiene la basura y que se desintegra por causa de presión y descomposición, con el agua de lluvia y el agua de riego (manual o artificial). Las aguas producidas en el área de fermentación son altamente contaminadas. Se necesita un tratamiento para proteger el medio recipiente (aguas superficiales, alcantarillado) del impacto de esta contaminación.

Se recomienda reincorporar los lixiviados al proceso de compostaje hasta que estén lo suficientemente maduros como para servir como compost líquido ó en otros casos simplemente los lixiviados se evaporan de manera natural dentro de las pilas. [15]

8. MARCO LEGAL

Para la ejecución de propuestas como la que se estudia en el presente proyecto de grado, se debe tener en cuenta el marco normativo y regulatorio que aplica para la gestión de residuos sólidos, enmarcado dentro del Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, Sección II, título F, Sistemas de Aseo Urbano y Rural. El cual contiene las normas técnicas expedidas por ICONTEC, la AWWA, la ASTM y otras entidades internacionales. También hay que tener en cuenta lo establecido en los planes de ordenamiento territorial y si es el caso en el desarrollo de los planes parciales y todo lo relacionado con la protección de los recursos naturales.[18]

Por las consideraciones anteriores, se presentan a continuación de manera ordenada, los aspectos normativos a tener en cuenta para la formulación, ejecución y evaluación de la propuesta del presente proyecto de grado.

8.1. GUÍAS TÉCNICAS COLOMBIANAS

GTC 24: Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente.

GTC 35: Gestión ambiental. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos.

GTC 53-7: Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos.

8.2. NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS

NTC 1927: Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones. Clasificación y fuentes de materias primas.

NTC 3746: Gestión ambiental. Aire ambiente. Método de ensayo para el monóxido de carbono en el aire ambiente (medición continua mediante espectrometría infrarroja no dispersiva).

NTC 4113-1: Gestión ambiental. Calidad del suelo. Muestreo. Guía para el diseño de programas de muestreo.

8.3 NORMAS TÉCNICAS *Environment Protection Agency (EPA)*

EPA SW-846. Test Method for evaluation solid waste physical / chemical methods appendix II to part 261 40 CFR. Method 1311 Toxicity characteristic leaching procedure (TCLP).

8.4. NORMATIVA APLICABLE DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA

En la constitución política de Colombia, se pueden encontrar los siguientes datos relacionados con el manejo de residuos.

- Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano: La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
- Artículo 80: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.
- Artículo 95.: La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución. Implica responsabilidades. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

8.5. POLÍTICAS AMBIENTALES NACIONALES

A continuación se presenta un resumen de las políticas implementadas a nivel nacional para el manejo de residuos.

- Política nacional de producción más limpia del Ministerio del Medio Ambiente (1997): Busca prevenir y minimizar los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, a partir de introducir la dimensión ambiental en los sectores productivos. Tiene como objetivos específicos: a) Optimizar el consumo de recursos naturales y materias primas; b) Aumentar la eficiencia energética y utilizar energéticos más limpios; c) Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes; d) Prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas; e) Adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental; f) Minimizar y aprovechar los residuos.
- Política para la Gestión Integral de Residuos Ministerio del Medio Ambiente, 1997: Tiene como objetivo fundamental impedir o minimizar, de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.
- Política Nacional de Educación Ambiental Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Educación, 2002: Tiene como objetivo promover la concertación, la planeación, la ejecución y la evaluación conjunta de planes, programas, proyectos y estrategias de educación ambiental formales, no formales e informales. Además, proporcionar un marco conceptual y metodológico básico que oriente las acciones que en materia educativo-ambiental fortalezcan los procesos participativos, la instalación de capacidades técnicas y la proyección de la educación ambiental hacia una cultura ética y responsable en el manejo sostenible del ambiente.

8.6 LEYES Y DECRETOS RELACIONADOS CON EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

- Ley 136 de 1994: Se establecen como funciones de los municipios y a las comunas y corregimientos que de éstos se generen la planificación y solución de todos los aspectos relacionados con el saneamiento ambiental.
- Ley 388 de 1997 de Ordenamiento Territorial: Base jurídica de la formulación de los Planes de Ordenamiento Territorial, que determina, entre otros aspectos, las condiciones de ubicación de las infraestructuras y equipamientos de servicios públicos.
- Decreto 1713 de 2002 - Ministerio de Desarrollo Económico: Reglamenta los tipos de servicio de Aseo y exige la adopción de planes de gestión integral de residuos sólidos -PGIRS-. En el Artículo 4 se define la responsabilidad de los municipios en la prestación del servicio público de aseo. En el Artículo 7 se define la cobertura en las zonas marginadas
- Decreto 1505 de 2003. Modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002: en relación con PGIRS y distingue el “Aprovechamiento en el marco de la gestión integral de residuos sólidos” del “Aprovechamiento en el marco del servicio público domiciliario de aseo”.

8.7 REGLAMENTO TÉCNICO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, (RAS) 2000, TÍTULO F. SISTEMAS DE ASEO URBANO.

Este documento contiene todos los parámetros técnicos para el diseño de la planta de compostaje y el procedimiento general para el diseño de los sistemas de aseo urbano, dentro de los pasos que se tuvieron presentes para el actual trabajo están:

- Definición del nivel de complejidad del sistema.
- Justificación del proyecto y definición del alcance.
- Conocimiento del marco institucional.
- Acciones legales.
- Aspectos ambientales
- Ubicación dentro del plan de ordenamiento territorial y desarrollo urbano previsto.
- Estudios de factibilidad y estudios previos.
- Diseño y requerimientos técnicos.
- Construcción y supervisión técnica.
- Puesta en marcha, operación y mantenimiento.

8.8 PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE UNE

El documento Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Une Cundinamarca, propone como segunda alternativa la construcción de una planta municipal de compostaje, para el aprovechamiento del gran volumen de RSO, además recomiendan implementarla en el mediano plazo.

En ese orden de ideas, la estructuración del PGIRS establece los programas y proyectos de acuerdo a las situaciones y problemas identificados en el diagnóstico y análisis brecha, y a la alternativa seleccionada. A continuación, en la tabla 7 se enuncian los programas y los proyectos que constituyen los mismos:

Tabla 7. Propuestas de programas y proyectos para el PGIRS de Une

PROGRAMA	PROYECTO
Recuperación, aprovechamiento y comercialización de los residuos	• Gestión y realización de convenios para la comercialización de productos aprovechados. • Construcción de planta de aprovechamiento
Gestión financiera de proyectos	• Financiación del PGIRS • Recuperación de cartera • Elevar la eficiencia del recaudo • Minimización de costos

Fuente: PGIRS de Une, 2012

Como se puede observar, en la tabla 7, el programa de “recuperación, aprovechamiento y comercialización de los residuos”, contempla el proyecto de construcción de una planta de aprovechamiento.

El PGIRS recomienda lo siguiente:

- Se debe velar por permitir la comercialización y uso organizado de subproductos obtenidos con la construcción de una pequeña planta de aprovechamiento y un cuarto de almacenamiento de basuras para la Plaza de Mercado del Municipio de Une.
- La Oficina de Servicios Públicos en conjunto con la estructura orgánica que implemente el PGIRS en el municipio de Une, debe estar a cargo de la

construcción de la planta de aprovechamiento para residuos orgánicos a corto plazo y de material inorgánico a mediano plazo y garantizar el buen uso los subproductos obtenidos en la Planta de Aprovechamiento en sitio.

- Existen posibles compradores en Bogotá y Villavicencio de subproductos, se debe realizar un análisis financiero de cuál de ellos es más viable técnicamente y cual produce más rentabilidad para efectos de la creación de convenios de comercialización.
- Resolución No.150 de 2003, expedida por el Instituto Colombiano Agropecuario, por la cual se adopta el Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelo para Colombia.

RESULTADOS

9. DIAGNÓSTICO DE MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL MUNICIPIO DE UNE

9.1 ANÁLISIS DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE UNE

9.1.1 Sistema de recolección de residuos sólidos

El servicio de aseo lo presta directamente el Municipio a través de la oficina de Servicios Públicos, pero este no cuenta con un vehículo que se dedique exclusivamente a la recolección de los residuos sólidos generados, esta recolección la realiza una volqueta que depende de la oficina de planeación.

Cabe agregar que el servicio de recolección de basura se presta únicamente dentro el casco urbano del municipio, en la parte rural se disponen generalmente en quema o entierro.

La recolección de los residuos sólidos se realiza los días martes y viernes en horas de la mañana, no se realiza separación de los residuos por parte de la comunidad. Los residuos son presentados en canecas que fueron donadas por el municipio en una anterior campaña de separación en la fuente pero no tuvo continuidad debido a la cultura de la población.[3]

Sin embargo, los resultados obtenidos en las encuestas, dejan evidenciar una inconformidad por parte de la población que dentro de sus observaciones atañen que el fracaso del programa de aprovechamiento de los residuos orgánicos e inorgánicos durante la administración del año 2008, se presentó debido a la ineficacia en la recolección de los residuos por parte de la volqueta que recogía todo junto, por lo tanto la comunidad dice haber dejado de realizar la separación en la fuente por este motivo.

9.1.2 Residuos potencialmente aprovechables

Según la siguiente tabla extraída del actual PGIRS, los residuos potencialmente aprovechables para el municipio de Une, son los siguientes, que se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Residuos sólidos aprovechables por algunos sectores

Material	Tipo de actividad	Tipo de Uso	Cantidad estimada (ton/año)
Compost o lombricompost	Aprovechamiento en suelo	Directo	254,6
Plásticos	Separación y acopio	Acopio y comercialización	38,75
vidrio	Separación y acopio	Acopio y comercialización	3,79
Metales ferrosos	Separación y acopio	Acopio y comercialización	9,11
Papel y cartón	Separación y acopio	Acopio y comercialización	63,08
Material vegetal crudo	Aprovechamiento en el suelo	Directo	3,31
Escombros	Reutilización en vías	Material de relleno en vías	13,64

Fuente: Información Alcaldía Municipal de Une.

9.1.3 Caracterización de los residuos sólidos urbanos (RSU) en Une Cundinamarca

A pesar de que la información oficial del PGIRS dice lo siguiente: “*En el municipio de Une no se realiza ninguna práctica de separación en la fuente o reuso en la comunidad*”. [3]. No es del todo cierto, ya que según la investigación llevada a cabo en campo, aunque el municipio no tenga un programa oficial de reciclaje, las personas si realizan cierto tipo de aprovechamiento con los residuos orgánicos provenientes de sobras de alimentos procesados y/o vegetales, como se evidencia en el siguiente capítulo, en el cual se puede observar la estadística descriptiva, producto de las encuestas realizadas en el municipio de Une para el presente proyecto.

En cuanto a los residuos inorgánicos, como papel, plástico y algunos metales son recolectados por servicios informales de personas que vienen desde Bogotá a comprar estos residuos para hacer el aprovechamiento de estos en la ciudad.

El colegio municipal y las tiendas del municipio son los que principalmente realizan separación de este tipo de residuos y los entregan a servicios de recolección informales que disponen de estos en Bogotá. También existe un pequeño establecimiento, el cual recibe residuos como chatarra, papel, cartón y plástico; los acopia y los entrega a los mismos servicios de recolección.

9.1.4 Composición física de los residuos sólidos

El estudio de la composición física de los residuos se realizó en el año 2008 en la planta “Renacer”, la cual fue un intento de la administración de esa época por llevar a cabo un aprovechamiento de los residuos orgánicos del municipio, pero que finalmente no funcionó.

Después de lo anterior expuesto, es probable que la composición física de los residuos sólidos no haya cambiado mucho desde la fecha, por lo tanto la siguiente descripción corresponde a la realizada mediante la metodología de cuarteo aplicada en cada una de las rutas de recolección. El peso total de los residuos sólidos fue obtenido en la estación de pesaje y control de Coviandes del Alto de la Cruz en la vía Bogotá – Villavicencio.

Tabla 9. Caracterización física de los residuos sólidos producidos

Tipo de material	Porcentaje en peso	Residuos sólidos producidos por componente (Ton/mes)
Residuos sólidos orgánicos (RSO)	59,21	38,34
SUBTOTAL ORGÁNICOS		38,34
Papel	4,06	2,63
Cartón	10,06	3,86
Vidrio	0,88	5,27
Plástico (PEAD)	1,99	1,29
Plástico (PEBD)	7,07	4,57
Metales	2,12	1,37
Madera	0,17	0,11
Cuero	0,08	0,05
Cerámica	0,12	0,08
Textiles	3,88	2,51
Caucho	0,08	0,05
SUBTOTAL INORGÁNICOS		21,79
No aprovechables	9,72	6,2
TOTAL	100	66,33

Fuente: PGIRS de Une, 2012

La composición registrada indica que el mayor porcentaje de residuos generados son orgánicos, con el 59.21%, lo que evidencia el aprovechamiento que debe realizarse en el Municipio hacia donde deben encaminarse las técnicas de aprovechamiento.

9.1.5 Análisis de alternativas para el aprovechamiento de los residuos sólidos en Une

Revisando el análisis brecha y formulación de alternativas de manejo para los residuos sólidos en el municipio de Une, las dos alternativas coinciden en un punto, y este es, que a mediano plazo se recomienda la implementación de un programa de aprovechamiento de residuos para la minimización de impactos ambientales y crecimiento económico. Como se puede constatar en el actual Plan De Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de Une: *“Dentro de la alternativa número uno, está la adquisición de un carro compactador de Basuras, sin embargo en esta alternativa en el mediano plazo es necesario la construcción e implementación de un programa de aprovechamiento de residuos en sitio con el fin de minimizar el impacto sobre la generación y disposición final de residuos en botaderos a cielo abierto, para ello es importante la participación ciudadana y la administración municipal en conjunción con la comunidad educativa, cuyo propósito es cimentar desde las bases el aprovechamiento de materiales reciclables”*. [3]

De manera específica en la alternativa número 2, se propone un componente de: “recuperación, aprovechamiento y comercialización” con el cual se pretende promover la recuperación y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos para su posterior comercialización. Además, se plantea la posibilidad de construcción de una planta de aprovechamiento de residuos orgánicos en compostaje o lombricultura. Para lo cual según el PGIRS se contaría con el apoyo institucional de la oficina de servicios públicos y Corpoorinoquia. [3]

Aunque en el PGIRS se toma la opción 1, como la más conveniente, la necesidad de hacer aprovechamiento de los residuos, especialmente de los orgánicos se evidencia en varias partes del documento, específicamente en la tabla de propuesta de programas y proyectos para el PGIRS de Une, en la cual se plantea un programa de recuperación, aprovechamiento y comercialización de los residuos, y proyectos referentes a la comercialización de productos aprovechados y construcción de una planta de aprovechamiento.

Dentro del programa de aprovechamiento y recuperación de residuos, el PGIRS propone que se genere la gestión y convenios para la comercialización de productos aprovechados y se cita los siguiente : *“La Oficina de Servicios Públicos en conjunto con la estructura orgánica que implemente el PGIRS en el municipio*

de Une, debe estar a cargo de la construcción de la planta de aprovechamiento para residuos orgánicos a corto plazo y de material inorgánico a mediano plazo y garantizar el buen uso de los subproductos obtenidos en la Planta de Aprovechamiento en sitio”. [3]

El objetivo de este proyecto encaja perfectamente con los objetivos planteados en el PGIRS de Une y de manera específica con el proyecto de construcción de una planta integral de aprovechamiento de los residuos sólidos que se plantea como objetivo, “permitir la comercialización y uso organizado de los productos obtenidos en el aprovechamiento de la planta” todo esto dentro de un corto plazo (0-3 años) para los residuos orgánicos y un mediano plazo (3-6 años) para los inorgánicos”.

Algunas de las recomendaciones que se hacen en el documento ya citado, es el de empezar el funcionamiento de la planta únicamente con los residuos de la Plaza de Mercado de Une, ya que se generan grandes volúmenes y el aspecto de separación en la fuente se podría manejar con la implementación de un cuarto de almacenamiento de basura. También se sugiere que la ubicación de la planta de aprovechamiento se ubique en la Vereda Puente Tierra, que se encuentra a 2 km aproximadamente del casco urbano y se recomienda tener en cuenta las consideraciones de carácter social para la implementación de la planta debido a que existieron antecedentes que hacen que la comunidad estuviera renuente a dicha actividad.

En cuanto al financiamiento del proyecto, La meta principal en la financiación de los proyectos contemplados dentro del PGIRS es obtener recursos, sin necesidad de recurrir a créditos, para lo cual se propone gestionar por parte del municipio de Une recursos ante Gobernación de Cundinamarca, transferencias de la Nación y Corpoorinoquía.

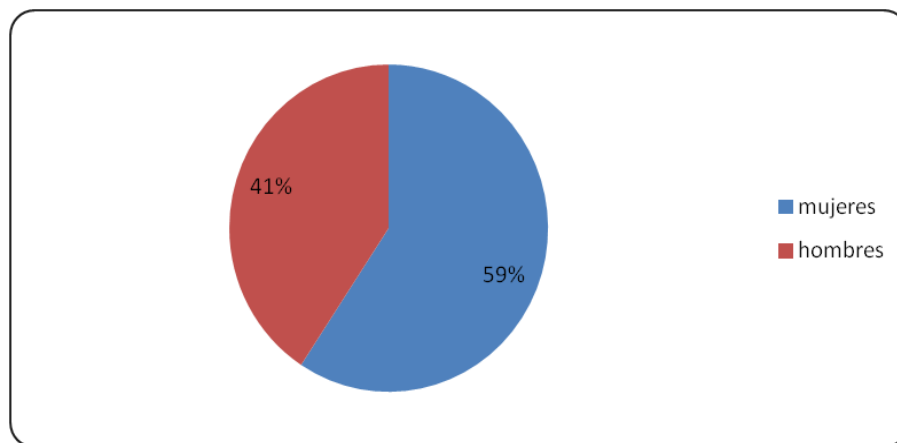
9.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA RESULTADO DE LAS ENCUESTAS

Como se explicó en la metodología, se realizaron 135 encuestas para una población de 906 viviendas, las cuales cuentan con servicio de aseo y recolección de basuras. Sin embargo algunas personas encuestadas también tienen propiedades en la parte rural y allí manejan de modo diferente los residuos que generan, como se puede observar más adelante en algunos resultados de utilización de los residuos.

9.2.1 Caracterización social

Las encuestas se realizaron en una mayor proporción a mujeres, ya que estas eran la que en su mayoría se encontraban en casa, cuando se hicieron las mismas. Aunque se debe tener en cuenta que varias veces se encontraban dos o más personas en la misma casa y la encuesta la respondían con intervenciones de sus familiares. Aunque esto no representó un problema o sesgos para las conclusiones del trabajo final.

Figura 4 .Encuestas realizadas por género



Fuente: El autor, 2012

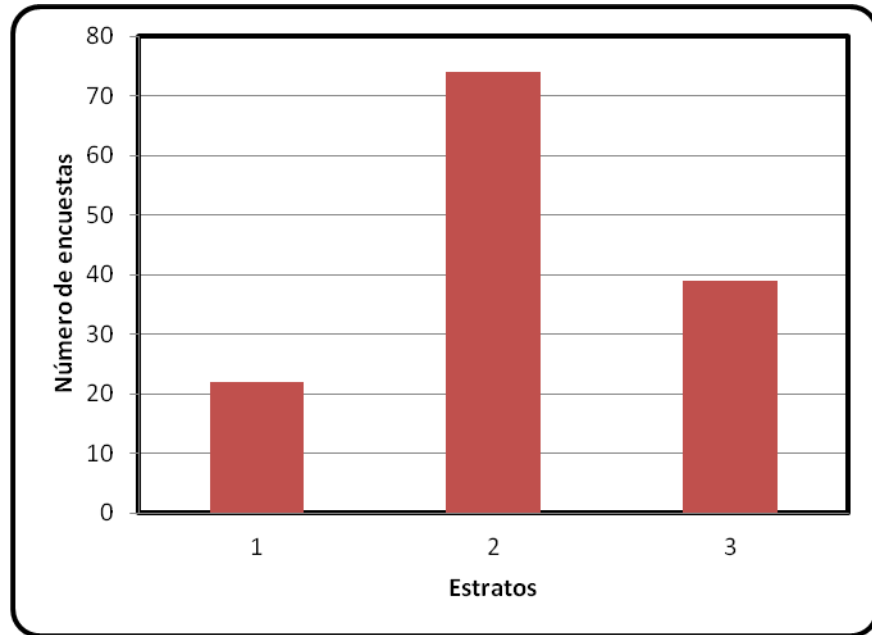
La estratificación en el municipio de Une no está sectorizada espacialmente, por lo tanto no era posible establecer ciertas ubicaciones geográficas dentro del mapa del municipio de Une que apuntaran a ciertos estratos dependiendo estos del barrio o sector. En otras palabras, aunque se tienen registros del número de viviendas estrato 1, estrato 2 y estrato 3 respectivamente, estas no se agrupan dentro del mapa por barrios más humildes que otros, como se encuentra por ejemplo en la ciudad de Bogotá.

En el Municipio de Une se encuentran mezclados todos los estratos, por lo tanto es difícil diseñar un marco muestral con igualdad de encuestas para cada estrato.

Por lo tanto, se diseñó un marco muestral aleatorio, como se explicó al principio de esta trabajo, en la metodología.

Por último, se puede considerar, teniendo en cuenta las características sociales y económicas del municipio, que el estrato de una familia no afecta en nada el estudio de factibilidad del programa municipal de compostaje, ya que si se aplica dicho programa, este aplicará de igual manera para todos los estratos.

Figura 5. Estratificación

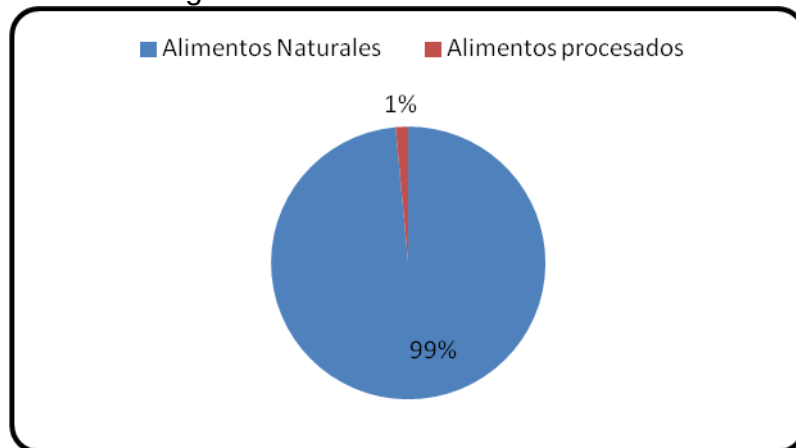


Fuente: El autor, 2012

Los resultados fueron los siguientes: 22 encuestas realizadas al estrato 1, 74 al estrato 2 y 39 al estrato 3. Lo cual quiere decir que 16% de las encuestas se realizaron en estrato 1, 55% en estrato 2 y 29% en estrato 3.

9.2.3 Hábitos de consumo

Figura 6. Preferencias de consumo



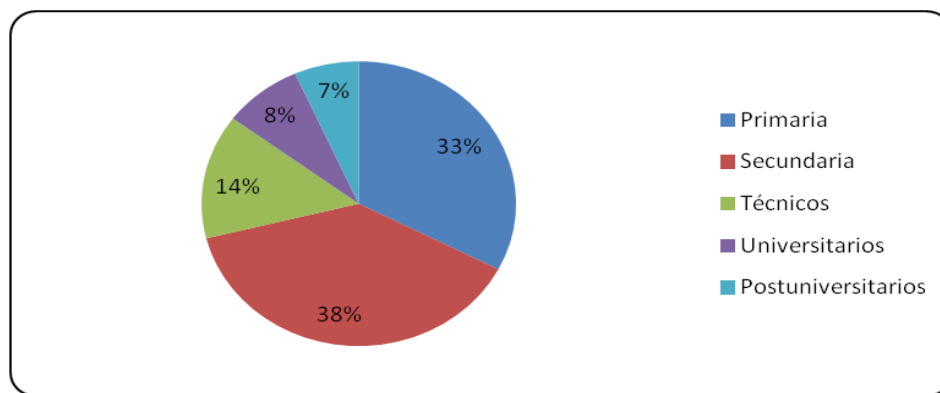
Fuente: El autor, 2012

Dentro de los hábitos de consumo, se encontró que las personas prefieren los alimentos naturales, como frutas, verduras y carnes frescas sin tantos empaques. Tan solo dos personas respondieron que preferían los alimentos precocidos, instantáneos y listos para consumir (enlatados, gaseosas, frituras). Así que la predominancia esta en los alimentos naturales, por lo tanto se puede estimar a partir de ello, que la predominancia de residuos orgánicos es mayor.

9.2.4 Grado de educación y conciencia ambiental

El grado de educación en la población es heterogéneo, aunque la predominancia es de un 38% habitantes con la secundaria, 33% primaria, 14% técnicos, 8% universitarios y 7% estudios de especialización o posteriores a la universidad.

Figura 7. Grado de Estudios en los habitantes de Une



Fuente: El autor, 2012

Figura 8. Grado de conocimiento frente a los RSO



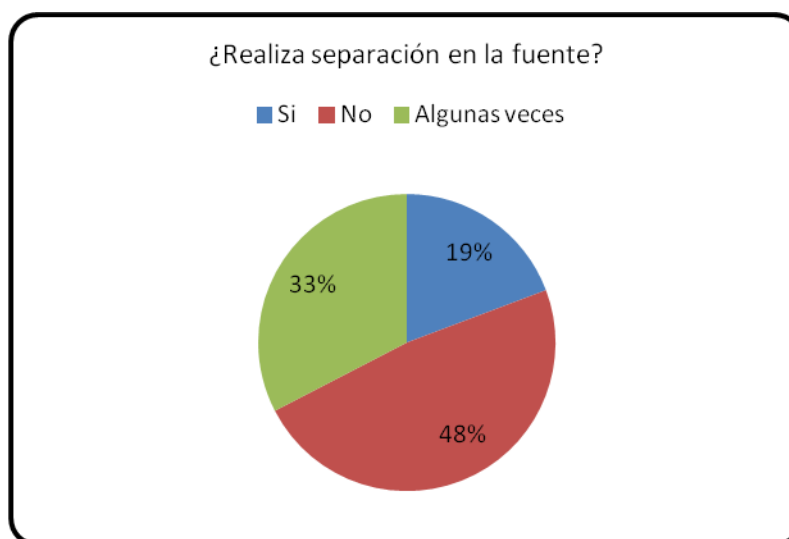
Fuente: El autor, 2012

Como se puede observar en la figura 8, el 44% sabe que es un residuo sólido orgánico y el 56% no lo sabe. Este dato es clave para tener en cuenta a la hora de diseñar un proyecto de educación ambiental que busque capacitar a la población en el adecuado manejo de los residuos sólidos. *(Ver recomendaciones del presente trabajo)*.

Como se puede apreciar en la anterior gráfica, el 44 % de la población tiene conocimientos frente a la producción de abonos orgánicos a partir de los RSO, sin embargo en su mayoría se aplican de manera directa los residuos sin ningún tratamiento de compostaje o similar.

Por otro lado, la figura 9 muestra que grado de reutilización y reciclaje existe en el municipio actualmente:

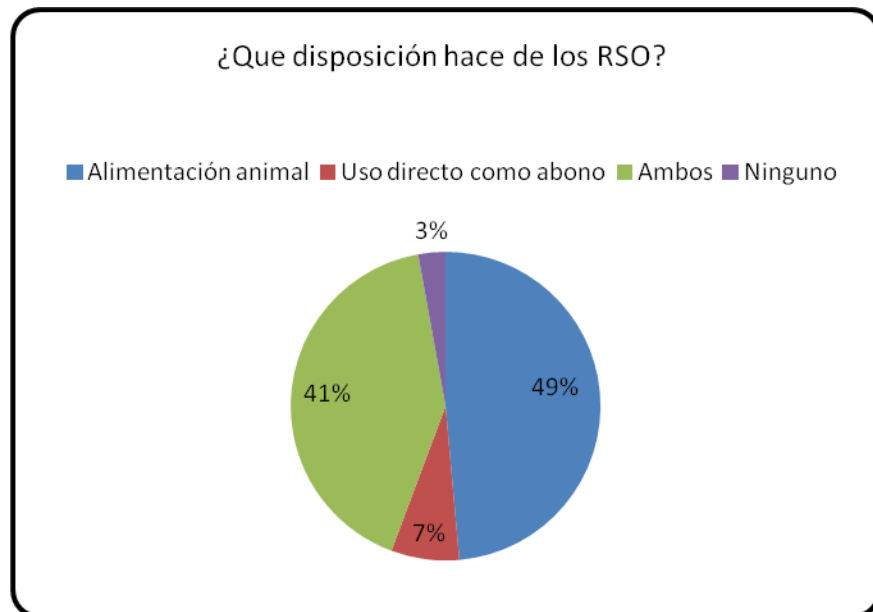
Figura 9. Separación en la fuente por habitantes de Une



Fuente: El autor, 2012.

Como se puede observar, en su mayoría, la gente no está reciclando, sin embargo el 33% de la población dice separar los residuos algunas veces, por ejemplo para utilizar los residuos como sobra de alimentos para los animales, como se puede apreciar en la siguiente gráfica:

Figura 10. Uso de los RSO en el municipio de Une



Fuente: El autor, 2012.

Continuando con la idea anterior, la gran mayoría, 48% entrega los residuos sólidos mezclados sin ningún tipo de reutilización o reciclaje y el 19% si realiza separación en la fuente, aunque la mayoría de estos últimos pertenecen a locales comerciales, que generan en mayor proporción residuos inorgánicos, como plásticos, papel, y cartón.

Por ejemplo en algunas encuestas realizadas a profesoras del Centro Educativo Municipal, afirmaron que en el colegio se separan los residuos de papel de oficina y cartón, los cuales son posteriormente entregados a un servicio de recolección informal que viene desde Bogotá a recogerlos.

Es preciso aclarar, que aunque las encuestas fueron realizadas en la parte urbana, la gran mayoría de personas trabajan en actividades relacionadas con la agricultura y ganadería, lo cual explica que utilicen por ejemplo los restos de comida para alimentación animal, ya que muchos de los encuestados tienen fincas o trabajan en el campo, de esta manera conservan los restos de comida para alimentar algunos animales, como ganado, caballos, ovejas, perros, entre otros. Por otro lado, algunas personas emplean algunos residuos como la cáscara de huevo y las cáscaras de frutas, para abonar las plantas, especialmente en jardinería.

Figura 11. Grado de información respecto al compostaje

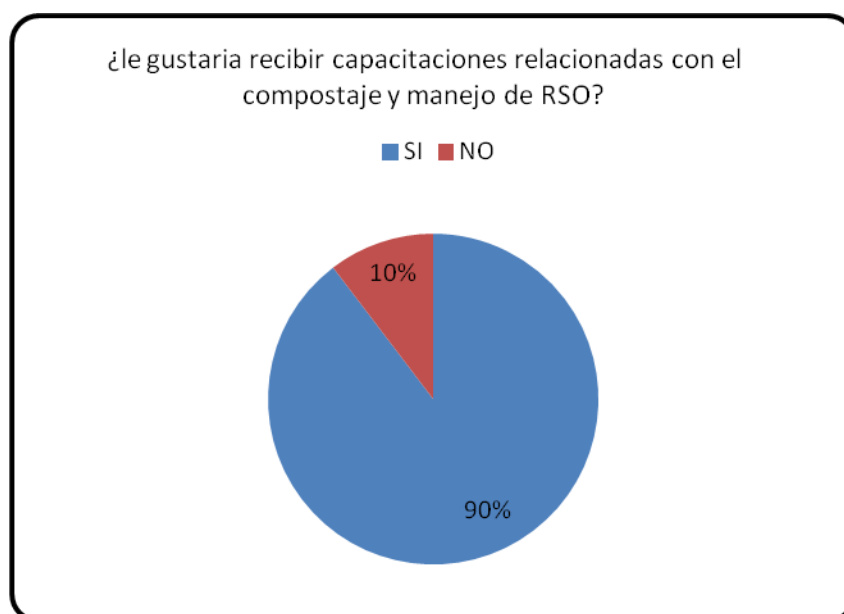


Fuente: El autor, 2012.

El 59 % de los encuestados no saben que es el compostaje, por otro lado el 41 % tiene algún conocimiento respecto al tema, sin embargo ninguno de los habitantes manifestó realizar compostaje.

Como se observa en la figura 13, el 90% de la población estaría dispuesta a separar los residuos y entregarlos en diferentes bolsas según sus características. Sin embargo piden que se hagan capacitaciones y que las rutas de recolección de residuos sean selectivas, con el fin de no perder el trabajo de la separación en la fuente.

Figura 12. Disposición para recibir capacitaciones en el tema de RSO y compostaje



Fuente: El autor, 2012.

En ese orden de ideas, otras de las observaciones que se pueden añadir a las gráficas, son las siguientes: Un individuo está pagando en promedio \$11.025 por un bulto de abono, que equivale a 50 kg de abono orgánico sin procesar (gallinaza, porcínaza y bovinaza). Por otro lado se está pagando \$75.684 por la misma cantidad de abono químico.

Un habitante de Une paga en promedio \$6.471 bimensuales por el servicio de aseo y recolección de basuras, los hogares están conformados en promedio por 4 personas, aunque se encontraron familias desde 2 a 9 personas y la población flotante pertenece principalmente a obreros que llegan desde otros municipios cercanos, a trabajar en temporada de cosecha.

9.3 Análisis de gestión ambiental frente al manejo de los residuos sólidos orgánicos (RSO) en Une.

Los mecanismos de aprovechamiento de los residuos orgánicos que se realizaban en la planta Renacer (Empresa privada), que manejaban los residuos del Municipio de Une se dividían en actividades productivas de lombricultura y compostaje; labores que se realizaban en la planta de aprovechamiento en donde laboraban 12 personas, actualmente no se realiza ninguna actividad conocida, sin

embargo uno de los productores importantes de residuos orgánicos es la Plaza de Mercado ya que cuenta con una zona destinada a comercializar productos agrícolas al por mayor, lo cual genera un cantidad importante de residuos aprovechables. [3]

Este programa se llevó a cabo durante la administración del año 2006, la Alcaldía Municipal realizó la dotación a todos los usuarios de contenedores plásticos de 0,3 metros cúbicos de capacidad, en el año 2006 para que realizaran la separación en la fuente, sin embargo este proceso no dio resultado y son empleados para almacenar temporalmente cualquier tipo de residuo. [3]

Además de las inconformidades por parte de los habitantes del sector urbano del municipio, las personas que se encontraban viviendo cerca a la planta municipal de aprovechamiento de residuos sólidos, se quejaba de los malos olores y de la contaminación visual que generaba la presencia de basura en montañas.

Debido a lo anterior, el proyecto resulto un fracaso y no duró más de tres meses en funcionamiento, decidieron cerrar la planta y continuar con la entrega de los residuos al relleno sanitario Doña Juana en Bogotá.

A lo largo de los planteamientos hechos, se realizó una investigación acerca del proyecto realizado, pero no se encontró nada de esto documentado y según información de un funcionario de la alcaldía, cuyo nombre no permitió escribir en el documento “El proyecto se realizó de manera empírica, se mandaron comprar unas canecas, se realizó la entrega de las mismas, se construyeron unas instalaciones sencillas compuestas de cuatro columnas y unas tejas”. Los residuos inorgánicos se vendían en Bogotá a empresas que realizaban actividades de reciclaje y los orgánicos se trataban mediante compostaje no tecnificado y lombricultura.

De los anteriores planteamientos se deduce, que el proyecto de implementación de una planta municipal de compostaje para el aprovechamiento de los RSO, no funcionó debido a la falta de un estudio de pre-factibilidad y de diseño detallado que permitiera evaluar de manera óptima todas las variables que involucra un programa municipal de compostaje.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se construye la propuesta de diseño y lineamientos para el manejo de los residuos sólidos orgánicos en el municipio de Une, teniendo en cuenta los aspectos sociales, económicos, políticos, técnicos y ambientales del proyecto.

10. ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y costo de las operaciones pertinentes en esta área. Los componentes de un estudio técnico son: programa de producción, programa de ventas, procesos y tecnologías, descripción del proceso productivo, descripción de las instalaciones necesarias, distribución física, requerimiento de personal y costos. [19]

A continuación se evalúan algunos de los aspectos técnicos a tener en cuenta para el diseño de la planta municipal de compostaje. Para la toma de criterios en la lista de chequeo a considerar para la ubicación de la planta municipal de compostaje, se tuvieron en cuenta los parámetros planteados en el “Manual de Compostaje para Municipios” de Eva Röben para la municipalidad de Loja en Ecuador, del año 2002.[17]

10.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL LUGAR PARA UBICAR LA PLANTA DE COMPOSTAJE

La ubicación de la planta define la factibilidad técnica, en el sentido de las distancias que hay que recorrer, las adversidades que pueden presentarse si se encuentra cerca del casco urbano, el uso del suelo, entre otros. Así que se evaluará por medio de una lista de chequeo cada uno de los aspectos a tener en cuenta para la selección del terreno, partiendo de la evaluación de estos parámetros en un terreno que la Alcaldía Municipal tiene disponible para la implementación de este proyecto.

10.1.1 Limitaciones, prohibiciones o restricciones legales

Propiedad del terreno, posibilidades de expropiación: en este caso el terreno pertenece al municipio de Une, por lo tanto no hay posibilidad de expropiación o similares. La anterior planta de aprovechamiento de RSO que funcionó aproximadamente por tres meses estuvo en dicho terreno.

Es posible que existan terrenos mejores, pero representan un costo adicional y además entrar en negociaciones por servidumbre o compra del

terreno, representaría un problema en caso de que el individuo no esté dispuesto a vender su lote.

Lugares bajo protección: El terreno no se encuentra bajo ninguna denominación de reserva forestal o similar.

Legislación municipal: no se encontró ningún terreno disponible potencialmente para la disposición de residuos en el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y tampoco se encontró un uso especial para dicho terreno, simplemente la denominación de uso potencial para actividades agrícolas. Además según la administración de servicios públicos domiciliarios de Une Cundinamarca, dicho terreno es el que el municipio tiene disponible en caso de implementar una planta de compostaje.

10.1.2 Condiciones de operación

- **Distancia del relleno o botadero:** Aunque una máxima proximidad al botadero sería deseable, en este caso no se contempla esa posibilidad, ya que todos los residuos sólidos son dispuestos a 43 Km del municipio, en el relleno sanitario Doña Juana en Bogotá.

Hecha la observación anterior, el terreno disponible para la implementación de la planta queda a 2 Km del casco urbano.

- **Condiciones de transporte:** Las vías del municipio se encuentran en buen estado, algunos de los andenes son considerablemente altos, pero esto no afecta en si al proceso de recolección de basuras. En cuanto a la carretera que conduce de la salida del municipio al terreno que se está evaluando para la ubicación de la planta municipal de compostaje, es una carretera destapada, con pendientes relativamente altas en algunos tramos, pero a la llegada del terreno se puede observar que es prácticamente plano. Para más detalles, observar el anexo de fotografías.
- **Infraestructura existente:** la infraestructura donde se realizaba el compostaje se encuentra en malas condiciones, solo existen los restos de carpintería metálica. Por otro lado, existen dos pequeños cuartos, uno donde se almacenaban los residuos inorgánicos que se separaban en la planta, como plásticos, papel, latas, entre otros. En el segundo cuarto se almacenaba el compost. Para más detalles se pueden observar las fotografías. *Revisar anexo 4.*

- **Aptitud del suelo:** Una baja permeabilidad es muy importante para la protección del suelo y de las aguas subterráneas contra la contaminación por aguas lixiviadas. Sin embargo, así el terreno sea permeable o impermeable, es necesario implementar un sistema para la recolección, tratamiento y disposición final adecuada de los mismos.
- **Área del terreno y posibilidades de extensión:** El área aproximada, calculada mediante la herramienta de regla y polígono de google earth arrojó un total de 6608 m². No se midió en campo, por la dificultad que representa la utilización de metros para medir un área tan grande, por lo tanto las herramientas de google earth o de algún programa especializado como gv.sig resultan de gran ayuda en estos casos y son incluso más exactas que medir el terreno a mano. *Revisar anexo 2.*

10.2 CÁLCULOS Y PROYECCIONES PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA MUNICIPAL DE COMPOSTAJE EN UNE CUNDINAMARCA

10.2.1 Recopilación de datos previos para la proyección de la población

Según el RAS 2000 capítulo B, numeral B.2.2 [20], la evaluación del crecimiento de la población a lo largo de un período de diseño determinado es un elemento fundamental tanto para definir el nivel de complejidad de un sistema como para realizar el planeamiento y diseño detallado de cualquiera de los elementos que componen los sistemas de agua potable y saneamiento básico.

El paso inicial para realizar proyecciones de población es la recolección y el análisis de la información existente:

- Censos de población efectuados por el DANE, durante los años 1938, 1951, 1964, 1973, 1985 y 1993.
- Proyecciones recientes de población efectuadas por el DANE.
- Estimaciones de población actual y futuras contenidas en los planes de desarrollo y en plan de ordenamiento territorial (POT) del municipio.

En este mismo orden y dirección, se presenta a continuación los datos de los censos que el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) ha realizado en Une Cundinamarca.

Tabla 10. Dinámica poblacional por años censales

Año censal	Población total (urbana y rural)	ZONA URBANA		
		Número de habitantes	Densidad(hab/km2)	Tasa de crecimiento
1938	6208	-		
1951	5605	-		
1964	1498	471	113	
1973	6664	2641	635	9.1
1985	6776	2365	568	-1.0
1993	6207	2480	596	0.6
2003	7443	3119	750	2.0
2004	7477	3156	758	1.2
2005	7495	3186	766	1.0

Fuente: PGIRS de Une, 2012

Por otro lado, se presentan a continuación las proyecciones del DANE hasta el año 2020. [21]. Sin embargo se hace necesario seguir en búsqueda de información, porque se necesitan las proyecciones para el año 2026 y el DANE no cuenta con esta información.

Tabla 11. Proyección de la población urbana de Une según el DANE

Proyecciones DANE			
Año	Población urbana	Año	Población urbana
1.985	2.601	2.003	3.527
1.986	2.590	2.004	3.624
1.987	2.577	2.005	3.716
1.988	2.567	2.006	3.802
1.989	2.561	2.007	3.891
1.990	2.561	2.008	3.981
1.991	2.569	2.009	4.071
1.992	2.590	2.010	4.155
1.993	2.624	2.011	4.243
1.994	2.674	2.012	4.327
1.995	2.741	2.013	4.408
1.996	2.823	2.014	4.488
1.997	2.916	2.015	4.566
1.998	3.015	2.016	4.643
1.999	3.117	2.017	4.718
2.000	3.221	2.018	4.796
2.001	3.324	2.019	4.869
2.002	3.427	2.020	4.937

Fuente: DANE, 2013

En ese orden de ideas, se procedió con la revisión de documentos oficiales, en busca de proyecciones de la población. Se encontraron las proyecciones de población hasta el año 2022, sin embargo, después de la revisión, se encontraron poco confiables estas proyecciones, ya que no se especifica que método se empleó para hacer dichos cálculos, no se muestran ecuaciones ni procedimientos para llegar a dichos resultados.

Ante la situación planteada, se presentan igualmente los datos mencionados anteriormente, encontrados en el PGIRS de Une, en la tabla 12.

Tabla 12. Proyección de la población de Une según el PGIRS

Año	Población rural	Población urbana	Población total
2012	4080	4100	8180
2013	4223	4244	8467
2014	4371	4393	8764
2015	4524	4547	9071
2016	4682	4706	9388
2017	4846	4871	9717
2018	5016	5041	10057
2019	5192	5217	10409
2020	5374	5400	10774
2021	5562	5589	11151
2022	5757	5785	11542

Fuente: PGIRS de Une, 2012.

Los métodos que establece el RAS para el cálculo de las proyecciones de población se encuentran en el título B.2, el cual se refiere a la determinación de la población, dotación y demanda. Estos métodos, resumidos en la tabla B.2.1 del reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico se presentan a continuación:

Tabla 13. Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema

Método emplear	por	Nivel de complejidad del sistema			
		Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético		x	x		
Geométrico		x	x	x	x
Wappaus		x	x	x	x
Gráfico		x (1)	x	x	
Exponencial		x(1)	x(1)	x(2)	
Detallar zonas	por			x	x
Detallar densidades				x	x

(1) Sujeto a justificación.

(2) Optativo, recomendable.

Fuente: RAS, título B, 2000

10.2.2 Definición del nivel de complejidad del sistema

De acuerdo al literal A.3 del RAS 2000 [20], para todo el territorio nacional se establecen los siguientes niveles de complejidad: bajo, medio, medio alto y alto.

La clasificación del proyecto en uno de estos niveles depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto, de acuerdo con lo establecido en la tabla 14.

Tabla 14. Asignación del nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	<2.500	Baja
Medio	2.501 a 12.500	Baja
Medio Alto	12.501 a 60.000	Media
Alto	>60.000	Alta

(1) Proyección al periodo de diseño, incluida la población flotante

(2) Incluye la capacidad económica de la población

Fuente: RAS Capítulo A.3, literal A.3.1, 2000

Así que, de acuerdo a la población urbana actual de Une con 4.327 habitantes y la máxima proyección del DANE, en el año 2020 es de 4.937 habitantes, el nivel de complejidad es bajo. Sin embargo se realizarán las respectivas proyecciones de población con los métodos establecidos por el RAS, para calcular la proyección hasta el año 2026.

1) Ahora se debe definir la capacidad económica del municipio

Para lo cual se tiene en cuenta la guía 001 del RAS [22]. El procedimiento recomendado en esta guía para determinar la capacidad económica de un municipio es el siguiente:

- Determinar el porcentaje de usuarios que corresponden a cada estrato.
- Establecer dentro de cual nivel económico asociado a los estratos está más del 50% de la población.

La capacidad económica asociada a los estratos es:

1 y 2: capacidad baja

3 y 4: capacidad media

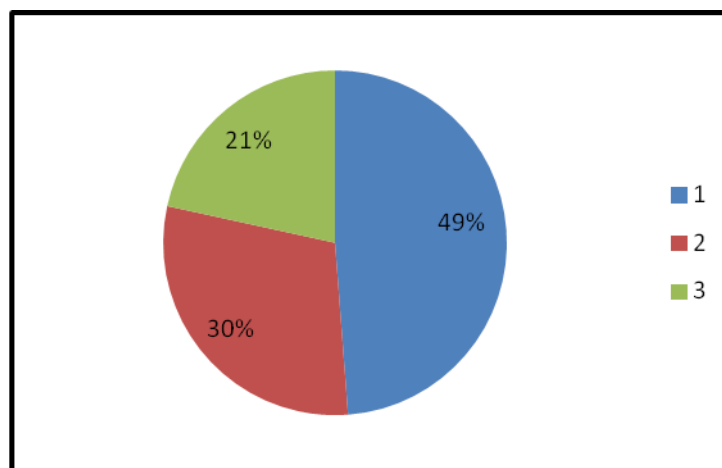
5: media alta

6: alta

Industria y comercio: alta

En referencia a la clasificación anterior, se puede observar en la siguiente gráfica que más del 50% de la población pertenece al estrato 1 y 2.

Figura 13. Porcentaje de estratos municipio de Une.



Fuente: El autor, 2012

10.2.3 Proyección de la población Urbana de Une

Según lo estipulado por la guía 001 del RAS [22], se recomienda realizar la proyección de la población por todos los métodos permitidos para el nivel de complejidad dado y luego escoger el que mejor se ajuste a las condiciones particulares del municipio.

Por lo cual, se presentan a continuación las proyecciones de la población urbana de Une, mediante los cuatro métodos permitidos. Es importante aclarar que la proyección se hace únicamente para la zona urbana, dado que la presente propuesta se enfoca en el tratamiento de los RSO de esta zona para su empleo en compostaje.

Entonces, se presentan a continuación las proyecciones de población urbana para Une:

10.2.3.1 Proyección de la población urbana por el método aritmético

Este método es recomendado según el RAS para los niveles de complejidad bajo y medio. Se caracteriza porque la población aumenta a una tasa constante de crecimiento aritmético, es decir, que a la población del último censo se le adiciona un número fijo de habitantes para cada periodo en el futuro. Este método es recomendado para pequeñas poblaciones de poco desarrollo o con áreas de crecimiento casi nulas. El método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

La tasa de crecimiento está dada por la ecuación 2.

Ecuación 2. Tasa de crecimiento poblacional m. aritmético [22]

$$i = \frac{(Puc - Pic)}{(Auc - Aic)}$$

La ecuación de cálculo de proyección de la población está dada por la ecuación 3.

Ecuación 3. Proyección de la población m. aritmético [22]

$$P n = \frac{(Puc - Pic)}{(Auc - Aic)} * (An - Auc)$$

Donde:

P n = Población del año que se quiere proyectar

Puc = Población del último año censado

Pic = Población del primer año censado

Auc = Año del último censo

Aic = primer año censado

An = Año al cual se quiere proyectar la población

Teniendo en cuenta la tabla 10, dinámica poblacional por años censales y aplicando las respectivas ecuaciones del método aritmético, la proyección de población se puede apreciar en la tabla 15..

Tabla 15. Proyección de la población urbana para Une, método aritmético

Proyección de población método aritmético	
Año	Habitantes
2012	3.650
2013	3.716
2014	3.782
2015	3.848
2016	3.914
2017	3.981
2018	4.047
2019	4.113
2020	4.179
2021	4.246
2022	4.312
2023	4.378
2024	4.444
2025	4.510
2026	4.577

Fuente: El autor, 2012

10.2.3.2. Proyección de la población urbana por el método geométrico

El RAS recomienda este método, para los niveles de complejidad bajo, medio y medio alto. Este método es útil en poblaciones que muestran una actividad económica importante, que generan un desarrollo apreciable y que poseen áreas de expansión importantes las cuales pueden ser dotadas, sin mayores dificultades, de la infraestructura de servicios públicos. El crecimiento es geométrico si el aumento de la población es proporcional al tamaño de la misma. La ecuación que se emplea para hallar la tasa de crecimiento es la ecuación 4 y la ecuación de proyección de la población es la ecuación 5.

Ecuación 4. Tasa de crecimiento poblacional, m. geométrico [22]

$$\left(\frac{Puc}{Pci}\right)^{1/n} - 1 = i$$

Donde:

Puc = Población del último censo

Pci = Población del censo inicial

i = tasa de crecimiento poblacional

Ecuación 5. Proyección de la población método geométrico [22]

$$Pf = Puc * (1 + i)^{(Tf - Tuc)}$$

Donde:

Pf = es la población que se quiere hallar

Tf = año al cual se quiere proyectar la población

Tuc = año del último censo

La tasa de crecimiento hallada a partir de la ecuación 4, es de 0.047, es decir 4,7 % anual y dadas las condiciones anteriores, los cálculos correspondientes a la proyección de la población urbana de Une por el método geométrico, se pueden apreciar en la tabla 16.

Tabla 16. Proyección población urbana de Une. Método geométrico.

Proyección de la población

Método geométrico	
Año	Habitantes
2012	4.415
2013	4.626
2014	4.847
2015	5.078
2016	5.320
2017	5.574
2018	5.841
2019	6.119
2020	6.411
2021	6.717
2022	7.038
2023	7.374
2024	7.726
2025	8.095
2026	8.481

Fuente: El autor, 2012

10.2.3.3. Proyección de la población por el método exponencial

Es recomendado por el RAS para los niveles de complejidad bajo, medio y medio alto. En este método se eliminan los datos que sean muy exagerados en su crecimiento ó los datos que por el contrario, representan decrecimiento de la población con el avance de los años.

Inicialmente se calculan las tasas de crecimiento de la población para cada par de datos censales conocidos. Para el caso de Une en este cálculo no se involucran los censos de los años 1985,2004, 2005; pues 1985 presenta un decrecimiento respecto a 1973, los datos de 2004 son proyectados, no de un censo y si se empleará los datos del 2005, da una tasa del 8%, la cual es muy alta, teniendo en cuenta que la tasa de crecimiento para municipios pequeños de Colombia está alrededor del 2 %. [22]

En conclusión, este método no se puede aplicar con total confianza, porque las tasas que se requiere promediar son mínimo 3 y para este caso solo se tienen 2. Sin embargo en un intento por proyectar la población, se presentan a continuación las ecuaciones empleadas:

Ecuación 6. Proyección de la población por el método exponencial [22]

$$Pf = Pci * e^{K(Tf-Tci)}$$

Ecuación 7. Tasa de crecimiento poblacional método exponencial [22]

$$K = \frac{\ln Pcp - \ln Pca}{Tcp - Tca}$$

Donde:

Pcp = Población del censo posterior

Pca = Población del censo anterior

Tcp = año correspondiente al censo posterior

Tca = año correspondiente al censo anterior

ln = logaritmo natural

Tabla 17. Proyección de la población urbana de Une. Método exponencial.

Proyección de la población

método exponencial	
año	Habitantes
2012	3.386
2013	3.870
2014	4.354
2015	4.838
2016	5.321
2017	5.805
2018	6.289
2019	6.773
2020	7.256
2021	7.740
2022	8.224
2023	8.708
2024	9.191
2025	9.675
2026	10.159

Fuente: El autor, 2012

10.2.3.4. Proyección de la población por el método de Wappaus

El RAS recomienda que este método se utilice para todos los niveles de complejidad. Es un método poco común, aunque sus resultados son confiables. Es importante aclarar que únicamente puede emplearse cuando el producto de la tasa de crecimiento (i en %), y la diferencia entre el año a proyectar (T_f) y el año del censo inicial (T_{ci}) es menor a 200, es decir:

Ecuación 8. Condición de tasa de crecimiento par método Wappaus [22]

$$i * (T_f - T_{ci}) < 200$$

Ecuación 9. Tasa de crecimiento poblacional método Wappaus [22]

$$i = \frac{200 * (Puc - Pci)}{(Tuc - Tci) * (Pci + Puc)}$$

Reemplazando en la ecuación 7, se puede apreciar que la tasa de crecimiento es de 3,6 %.

$$i = \frac{200 (3.186 - 471)}{(2005 - 1964) * (471 + 3186)} = 3,6 \%$$

Reemplazando la tasa de 3,6 % en la ecuación 8, el resultado es de 224, por lo tanto no se puede aplicar esta metodología, porque es mayor a 200.

10.2.3.5. Método gráfico

Este método es opcional, se utiliza principalmente cuando la información censal es insuficiente o poco confiable. El método consiste en comparar gráficamente la población del municipio en estudio con la de otros tres municipios del país, con características similares. [16]

En este caso, no se aplicará el método gráfico, ya que se cuenta con la información suficiente y confiable de censos del DANE.

10.2.3.6 Selección del método para proyección de población en una Cundinamarca

Tabla 18. Tabla comparativa proyección de población por distintos métodos

Año	Número de habitantes proyectado por cada método			
	Aritmético	Geométrico	Exponencial	Promedio

2012	3.650	4.416	3.386	3.817
2013	3.716	4.626	3.870	4.071
2014	3.782	4.847	4.354	4.328
2015	3.848	5.079	4.838	4.588
2016	3.914	5.321	5.321	4.852
2017	3.981	5.575	5.805	5.120
2018	4.047	5.841	6.289	5.392
2019	4.113	6.120	6.773	5.669
2020	4.179	6.412	7.256	5.949
2021	4.246	6.718	7.740	6.235
2022	4.312	7.039	8.224	6.525
2023	4.378	7.375	8.708	6.820
2024	4.444	7.727	9.191	7.121
2025	4.510	8.095	9.675	7.427
2026	4.577	8.482	10.159	7.739

Fuente: El autor, 2012

Después de un análisis detallado de cada uno de los métodos recomendados por el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), se decide aplica el método aritmético, ya que es el que menos diferencias muestra si se compara con la tabla de proyecciones del DANE, la cual tiene los valores calculados hasta el año 2020. Por ejemplo para el 2020 según este método solo hay una diferencia de 758 habitantes, que es pequeña si se compara con los demás métodos hay diferencias de 1.475, 2.319 y 1.012 habitantes.

Por otro lado, entre los métodos estudiados anteriormente, se puede concluir que: el gráfico no aplica porque se tienen datos suficientes y confiables, el exponencial no se puede aplicar con total confianza porque se necesitan mínimo 3 promedios de tasas de crecimiento con datos que funcionen de manera similar y solo se cuentan con dos, el wappaus da mayor a 200 por lo tanto no cumple, y el geométrico no coincide con las características que se recomienda en el RAS debería tener el municipio para aplicar este método.

Hechas las consideraciones anteriores, se puede concluir que el mejor método para calcular la población en este caso es el método aritmético, el cual el RAS recomienda para pequeñas poblaciones de poco desarrollo o con áreas de crecimiento casi nulas. Como ya se mencionó con anterioridad, este método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración; esta última se puede evidenciar por la cercanía que el municipio tiene con Bogotá, a tan solo hora y media de la ciudad principal, muchos de sus habitantes emigran hacia Bogotá en busca de mejores oportunidades, especialmente los jóvenes, además según se detalla más adelante, más del 50% de la población pertenece a los estratos 1 y 2, lo cual representa poco desarrollo y poco crecimiento,

adecuándose estas características perfectamente a las recomendadas para el uso del método aritmético.

10.3 DEFINIR EL TIPO DE SISTEMA DE APROVECHAMIENTO

Se plantea un sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante una planta de compostaje manual ó de pilas estáticas.

Según la tabla 19, los parámetros mínimos a estudiar para el nivel de complejidad bajo del municipio, son: el peso específico, contenido de humedad, coliformes, sólidos totales y sólidos volátiles.

Tabla 19. Tipo de caracterización físico química y biológica de los residuos sólidos

Sistema	Tipo de caracterización	Nivel de complejidad del sistema				Norma
		Bajo	Medio	Medio alto	alto	
Compostaje	Peso específico	x	x	x	x	D5057
	Contenido de humedad	x	x	x	x	E726
	Tamaño de partículas				x	E1037
	Distribución del tamaño				x	E1279- Carbono E778- Nitrogeno
	Análisis elemental (CHONS)				x	
	Coliformes	x	x	x	x	
	Sólidos totales	x	x	x	x	
	Sólidos volátiles	x	x	x	x	
	Cadmio			x	x	
	Mercurio			x	x	
	Plomo			x	x	
	Níquel			x	x	
	Cromo			x	x	

X: Obligatorio

En conclusión, la tabla 19 representa una guía de los parámetros que deberían tenerse en cuenta una vez implementada la planta de compostaje. Lo recomendable es hacer la caracterización de los residuos con los parámetros que apliquen para el nivel de complejidad bajo y así poder mejorar las condiciones del proceso de compostaje acorde con los contenidos de humedad, de sólidos totales, coliformes y todos los demás que apliquen al caso.

10.4 RECIPIENTES PARA LA RECOLECCIÓN

Se debe tener en cuenta la norma GTC 24, donde se dictan especificaciones del color, tamaño y forma de estos recipientes.(RAS, título F, literal F.3.3.3.1) Sin embargo el municipio de Une ya está dotado de canecas que fueron suministradas

por la administración en el año 2006, y según la comparación con la norma, cumplen con los requisitos que garantizan un buen almacenaje de los residuos.

10.5 CONDICIONES DEL VEHÍCULO RECOLECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS

Lo que se usa actualmente para la recolección de residuos sólidos son los camiones compactadores, sin embargo el municipio de Une solo cuenta con una volqueta convencional para la recolección de residuos sólidos.

A pesar de que en la última actualización del PGIRS se plantea recomendable invertir en la compra de un camión compactador, mientras esto sucede, se debe ajustar la recolección a los recursos con los que se cuenta.

La volqueta que se usa actualmente es un modelo Chevrolet de 1989, el combustible que emplea es ACPM y tiene capacidad para 7 toneladas. Para más detalles se puede remitir al anexo de fotos.

El tipo de camión deberá ser elegido con base en los siguientes aspectos: La modalidad de separación de los materiales utilizada en las viviendas o en los lugares de depósito, la capacidad de inversión del municipio o ciudad y el análisis económico y financiero que se lleve a cabo. Para lograr una operación eficiente en la recolección selectiva, es indispensable usar vehículos de capacidad suficiente para transportar la totalidad de los materiales de la ruta, con el fin de evitar varios viajes al centro de acopio a planta de reciclaje. [15]

Para los proyectos de complejidad baja y media se recomienda la utilización de vehículos recolectores que puedan circular en las vías del municipio, con capacidades determinadas. De acuerdo con la cantidad de residuos reciclables estimada para el mismo; por ejemplo para la recolección de los materiales recuperables se pueden utilizar camiones de estacas, triciclos, con canecas de 55 galones acopladas o vehículos de volcú abierto (Volquetas). Ver figura 15. [15]

Figura 14. Volqueta para la recolección de residuos reciclables. [15]



Para los proyectos de complejidades media - alta y alta, existen vehículos cerrados con separaciones interiores para cada material, la capacidad de los mismos dependerá de la cantidad estimada de residuos para el municipio en el que se desarrolle el proyecto.

Figura 15. Vehículo recolector con compartimentos para varios tipos de residuos.
[15]



En relación con este último, sería recomendable que se hiciera la compra de un vehículo de este tipo, el cual tiene compartimiento para varios tipos de residuos, de esta manera, se ahorrarían viajes dobles para la recolección selectiva de los mismos.

10.6 RUTAS DE RECOLECCIÓN SELECTIVAS

Actualmente se realiza recolección de todos los residuos sólidos mezclados, dos veces a la semana. Las macrorutas y microrutas se pueden encontrar detalladamente en el PGIRS, por lo cual se recomienda seguir las mismas rutas, sólo que añadir una más para la recolección de residuos no aprovechables e inorgánicos.

No se profundiza en los detalles de las rutas de recolección, trazado, operarios y métodos de recolección, porque estos ya fueron producto de los estudios realizados para el PGIRS, por lo tanto, esta parte ya se encuentra realizada en su totalidad. Para ver todos los detalles anteriormente mencionados se puede remitir al capítulo 5, ítem 5.4 del PGIRS.

Para el funcionamiento de la presente propuesta, la recolección de los residuos debería ser por separado, en 3 bolsas: una con los desechos orgánicos para el compostaje (cáscara de frutas, sobras de alimentos crudos, etc.) otra para los residuos no aprovechables (barrido, papel higiénico, icopor, colillas de cigarrillo, etc.) y una última para los residuos inorgánicos (papel, plástico, cartón, vidrio, entre otros).

Aunque lo anterior sería lo ideal, porque se aprovecharían los residuos orgánicos y los inorgánicos; la presente propuesta se centra en el aprovechamiento mediante compostaje de los primeros. Por lo tanto, lo que aquí se plantea es la adición de una ruta más, para la recolección en una sola bolsa de los residuos inorgánicos y los no aprovechables.

En conclusión, se seguiría con la recolección de los residuos orgánicos los días miércoles y sábado. La recolección del resto de residuos se implementaría el día lunes.

Cabe agregar, que lo más recomendable es que a mediano plazo se implemente un programa de reciclaje de los residuos inorgánicos integrado a la presente propuesta y de esta manera se pueda aprovechar al máximo todos los residuos y reducir la contaminación por este aspecto.

Por último, es pertinente aclarar que la volqueta es el único medio actual para realizar la recolección, por lo tanto hay que ajustarse a estas condiciones mientras se llega a la compra del vehículo compactador ó al vehículo recolector con varios compartimientos y a la formulación de un programa de reciclaje para los residuos inorgánicos. Por el momento, lo que se contempla en la presente propuesta es la recolección de los residuos urbanos para el aprovechamiento de los orgánicos y el acopio temporal de los inorgánicos, para que estos últimos sean vendidos a una empresa que se encargue del reciclaje de estos.

10.7 Proyección de los residuos

Para la proyección de residuos se tomó en cuenta una producción per cápita (ppc) de 0.5 kg/hab/día. [3]Este valor se multiplicó por el número de habitantes y de esta manera se tienen las proyecciones para el periodo de diseño de 15 años, es decir para el año 2026.

Tabla 20. Proyección de residuos producidos

Año	Población	Total residuos (Kg/día)
2012	3.650	1.824,77
2013	3.716	1.857,88
2014	3.782	1.890,99
2015	3.848	1.924,10
2016	3.914	1.957,21
2017	3.981	1.990,32
2018	4.047	2.023,43
2019	4.113	2.056,54
2020	4.179	2.089,65
2021	4.246	2.122,76
2022	4.312	2.155,87
2023	4.378	2.188,98
2024	4.444	2.222,09
2025	4.510	2.255,20
2026	4.577	2.288,30

Fuente: El autor, 2012

A continuación se presenta la proyección de residuos sólidos orgánicos, asumiendo que son un 60% de los residuos totales, ya que como se mencionó anteriormente, el estudio realizado por el PGIRS con la metodología de cuarteo arrojó que el 59.54 % son orgánicos.

Tabla 21. Proyección de RSO para el Municipio de Une

Año	RSO (Kg/día)
2012	1.094,86
2013	1.114,73
2014	1.134,59
2015	1.154,46
2016	1.174,32
2017	1.194,19
2018	1.214,06
2019	1.233,92
2020	1.253,79
2021	1.273,65
2022	1.293,52
2023	1.313,39
2024	1.333,25
2025	1.353,12
2026	1.372,98

Fuente: El autor, 2012

En conclusión, el municipio de Une, estará generando probablemente 1,37 ton/día de RSO para el año 2026, lo cual significa que la capacidad de procesamiento máxima de la planta debería ser de ese valor. A continuación se presentan los valores de residuos en diferentes unidades, para tener una idea de los RSO que se tendrán que procesar por día, mes y año. Lo cual servirá para el plan de trabajo dentro de la planta de compostaje.

Tabla 22. Proyección de RSO en diferentes unidades para el Municipio de Une.

Residuos sólidos orgánicos			
Año	ton/día	ton/mes	ton/año

2012	1,09	32,85	394,15
2013	1,11	33,44	401,30
2014	1,13	34,04	408,45
2015	1,15	34,63	415,61
2016	1,17	35,23	422,76
2017	1,19	35,83	429,91
2018	1,21	36,42	437,06
2019	1,23	37,02	444,21
2020	1,25	37,61	451,36
2021	1,27	38,21	458,52
2022	1,29	38,81	465,67
2023	1,31	39,40	472,82
2024	1,33	40,00	479,97
2025	1,35	40,59	487,12
2026	1,37	41,19	494,27

Fuente: El autor, 2012

10.8 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

El proceso de compostaje es dinámico, así que las dimensiones de los contenedores y las pilas varían con el tiempo, cada vez que se incrementa la generación de residuos. Por tal razón el diseño de la planta municipal de compostaje cambia en algunos elementos a lo largo del tiempo y se puede hablar de condiciones de operación diferentes para cada año.

Teniendo en cuenta los valores de la tabla 22, se procede a calcular el volumen que ocupan los RSO, ya que esta será la capacidad máxima que deberán tener los contenedores para almacenar los residuos en la planta municipal de compostaje y definirá el tamaño de las pilas.

Asumiendo una densidad de 291 Kg/m³. [12] el cálculo es el siguiente:

$$\text{Densidad} = \text{masa} / \text{volumen}$$

$$\text{Volumen} = \text{masa} / \text{densidad}$$

$$\text{Masa} = 3.832 \text{ Kg} / 3.5 \text{ días}$$

$$\text{Densidad} = 291 \text{ Kg/m}^3$$

Entonces, se procede a realizar los respectivos cálculos para cada año.

Ecuación 10. Volumen que ocupan los RSO

$$v = \frac{3.832 \frac{\text{Kg}}{3.5} \text{ días}}{291 \text{ kg/m}^3} = 13.7 \frac{\text{m}^3}{3.5} \text{ días}$$

Tabla 23. Proyección de volumen que ocupan los RSO de Une.

Año	Volumen RSO (m³/3.5 días)
2012	13,17
2013	13,41
2014	13,65
2015	13,89
2016	14,12
2017	14,36
2018	14,60
2019	14,84
2020	15,08
2021	15,32
2022	15,56
2023	15,80
2024	16,04
2025	16,27
2026	16,51

Fuente: El autor, 2012

A partir de los datos presentados en la tabla 23, se deduce que los contenedores deberán tener dichas capacidades de volúmenes para cada año. Es importante mencionar que la función de los contenedores es realizar el pesaje de los RSO a la entrada de la planta de compostaje.

Para dar inicio a la propuesta, se puede comenzar con la compra de contenedores cuya capacidad sirva para suplir las necesidades de los primeros 5 años, luego, se realizarán los respectivos ajustes.

Hechas las consideraciones anteriores, los contenedores deberían tener una capacidad aproximada de 14.100 litros. El valor se da en litros porque la capacidad de los contenedores de basura se encuentra comercialmente en litros.

10.9 DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE E INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

Según el RAS título F,literal F.4.2.5. La edificación de la unidad debe considerar como mínimo los siguientes aspectos de infraestructura:

- El área mínima de almacenamiento de la materia prima de la unidad debe ser la suficiente para acomodar el equivalente a tres días de abastecimiento y el área mínima de almacenamiento para el material procesado debe tener la capacidad para dos meses.
- Deben utilizarse paneles anchos para lo cual deben disponerse un número mínimo de columnas interiores de manera que se presente la mínima interferencia con la circulación de los vehículos.
- Los paneles deben tener una altura de piso suficiente para el acomodamiento y volteo de los residuos sólidos.
- La edificación debe tener puertas amplias de manera que no interfieran con las maniobras de los vehículos.
- Ventilación. El sistema de ventilación debe ser diseñado de tal forma que no haya acumulaciones de sustancias que interfieran con la salud y la seguridad de las personas que laboran en la unidad.
- La unidad de aprovechamiento debe contar con el diseño del sistema de contraincendio.
- La unidad debe contar con el diseño de las obras de drenaje para el control de las aguas de escorrentía e infiltración, diseño del sistema de recolección de lixiviados y diseño y localización de la planta de tratamiento, de éstos en caso de que se produzcan.

A continuación se enumeran los pasos para llegar a los dimensionamientos finales:

1) Cálculo del área y volumen que ocupará el compost

Para hallar el área aproximada que va a ocupar el compost, es necesario calcular cuánto compost se va a generar y que volumen ocupará dicho compost, entonces, se procede a calcular la cantidad de abono que se va a generar en tres meses, dado que el RAS recomienda diseñar el cuarto de almacenamiento con una capacidad mínima de dos meses, en este caso se va a diseñar para tres meses, teniendo en cuenta un factor de riesgo, ya que el producto nunca se ha vendido en el municipio, los agricultores no lo utilizan actualmente y esto podría generar un tiempo extra de publicidad del producto, para que los clientes potenciales efectivamente lo compren y le tengan la misma confianza que a otros abonos orgánicos.

La proyección de la cantidad de compost se hace con base a la suposición que el 40 % de los residuos sólidos orgánicos se convierten en compost, el resto se pierde por lixiviados y biodegradación de la materia orgánica. [17]

Las fórmulas empleadas para las proyecciones del compost, fueron las siguientes:

$$\text{Cantidad de RSO (kg)} * 0.40 = \text{cantidad de compost en kg}$$

Luego, para saber el volumen, se asume, según recomendación bibliográfica un valor de 0.65 kg/l la densidad del compost maduro [23] entonces.

Ecuación 11. Volumen que ocupa el compost

$$\text{volumen que ocupa el compost} = \frac{\text{kg de compost estimados}}{\text{densidad del compost maduro}}$$

Dado lo anterior, la siguiente tabla contiene las proyecciones de compost y volumen que ocupara en un lapso de 3 meses, dado que, como se explicó anteriormente, el cuarto de almacenamiento se diseña para este tiempo

Tabla 24. Proyección de compost y volumen que ocupa

Año	Compost producido con RSO de tres	Volumen en m3
-----	-----------------------------------	---------------

meses (Kg)		
2012	39.415,00	60,64
2013	40.130,17	61,74
2014	40.845,34	62,84
2015	41.560,51	63,94
2016	42.275,68	65,04
2017	42.990,85	66,14
2018	43.706,02	67,24
2019	44.421,19	68,34
2020	45.136,36	69,44
2021	45.851,53	70,54
2022	46.566,70	71,64
2023	47.281,87	72,74
2024	47.997,04	73,84
2025	48.712,21	74,94
2026	49.427,39	76,04

Fuente: El autor, 2012

En conclusión, se necesitaría un cuarto con una capacidad de almacenar 76,04 m³ de compost, entonces, teniendo en cuenta que no todo el cuarto va a estar lleno de bultos de compost, porque no sería adecuado llenar el cuarto hasta el techo, además debe existir un área para el movimiento que permita la entrada y salida del compost, se decide dejar un volumen libre de 14 m³. Con lo cual las medidas para el cuarto de almacenamiento son las siguientes:

Ancho: 6 m
Largo: 6 m
Alto: 2.5 m.

Sin embargo dichas medidas están sujetas a cambios y se recomienda consultar con la persona encargada de la obra, dichas dimensiones, que podrían variar según otras opiniones de expertos en el tema de construcción.

10.10 CÁLCULO TAMAÑO DE LAS PILAS

Para hallar las medidas óptimas de las pilas, se tuvieron en cuenta las diversas recomendaciones de diseño en la amplia bibliografía y luego se adaptaron a las condiciones de generación y característica de los RSO a tratar en la planta municipal de compostaje que se está diseñando.

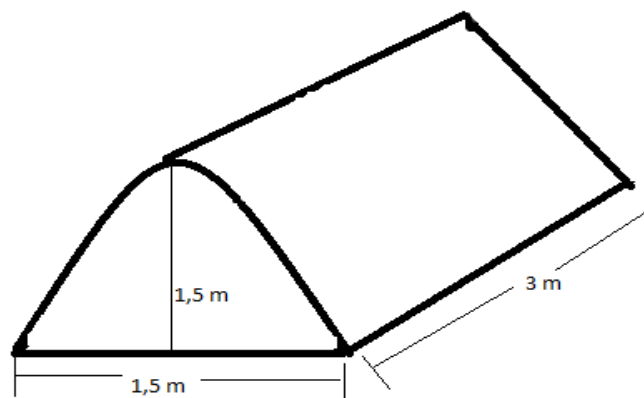
Antes de introducir los respectivos cálculos, es necesario aclarar que el proceso de compostaje es algo dinámico, por lo cual el tamaño de las pilas de residuos y de compost varía con el tiempo, a medida que se incrementa la producción de residuos, las pilas tendrán que incrementar su tamaño, pero manteniendo siempre la altura y ancho dentro de los rangos recomendados.

Para el dimensionamiento de la pila, se tuvieron en cuenta las siguientes recomendaciones: la altura debería ser la mitad de la base, la cual no debería sobrepasar los 2 m, y el ancho puede variar en rangos que se acerquen al valor de la altura. [23].

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, las dimensiones asignadas para cada pila, son las siguientes:

Largo = 3 m
Alto = 1,5
Ancho = 1.5

Figura 16. Dimensiones pilas de compostaje



Fuente: El autor, 2012

En referencia a lo anterior, se procede a calcular el volumen aproximado de cada unidad de compostaje o pila. La cual está dada por la siguiente fórmula:

Ecuación 12. Volumen de la unidad de compostaje ó pila [32]

$$\text{Volumen} = (\pi * \text{altura} * \text{ancho} * \text{largo}) / 2$$

Por lo tanto, el volumen de una pila con las dimensiones dadas, se presenta a continuación:

$$\text{Volumen} = (\pi * 1.5 \text{ m} * 1.5 \text{ m} * 3 \text{ m}) / 2 = 10,60 \text{ m}^3$$

Así que, para tener una idea del número de pilas requerido para cubrir las necesidades de procesamiento de RSO generados por el municipio de Une, se muestra a continuación, el volumen de residuos que se pueden abarcar con diferentes números de pilas.

Tabla 25. Volumen de residuos para diferente número de pilas

Número de pilas	Volumen acumulado (m ³)
1	10,60
2	21,2
3	31,8
4	42,4
5	53
6	63,6
7	74,2
8	84,8
9	95,4
10	106
20	212
21	222,6
22	233,2

Fuente: El autor, 2012

Entonces, partiendo de la capacidad que debería tener la planta de compostaje para procesar los RSO generados en el casco urbano del municipio de Une, se procede a definir la capacidad mínima y máxima que debería tener la planta para su funcionamiento desde el presente año hasta después de 15 años, que es el periodo de diseño seleccionado en el presente proyecto. Adicional a esto, es necesario establecer la cantidad de RSO a procesar en diferentes unidades de tiempo, para lo cual se organiza la información en la siguiente tabla:

Tabla 26. Volumen de RSO en distintas unidades para el año 2026

GENERACIÓN DE RSO año 2026				
Densidad de	Diario	Semana	Quincena	Mes

los RSO= 291 Kg/m³				
Peso (kg)	1.094,86	7.764,02	16.422,9	32.845,8
Volumen (m³)	3,76	26,68	56,43	112,87

Fuente: el autor, 2012

Teniendo en cuenta que, todo el proceso de compostaje puede durar entre 12 y 20 semanas y que durante las primeras 8 semanas ocurre un proceso de biodegradación que hace que las pilas de residuos pierdan aproximadamente de un 40% a un 60% lo cual significa que después de 4 meses, tan solo el 40% será compost.[32].

La capacidad máxima del área de compostaje para recibir los RSO, debería ser de 8 semanas y a esto adicionar el volumen que ocuparán las pilas de compost maduro durante otras 8 semanas, esto asumiendo que el proceso de compostaje tenga una duración total de 16 semanas, es decir 2 meses.

Entonces, dado que el volumen que ocupan los RSO frescos de 2 meses es de 225,74 m³, entonces el número de pilas necesario es de 22 pilas. Si cada pila ocupa un área de 4,5 m², el área total para 22 pilas es de 99 m². Entonces, si se dividen las 22 pilas en dos, para formar una matriz de 11 x 11 y asumiendo un espacio entre cada pila de 0.5 m, para el movimiento de personas, el área requerida para la primera fase del compostaje (2 meses) sería 39 m por 22.5 m, para un área de 877,5 m².

Ahora, hay que calcular el área que ocuparían las pilas de compost maduro, asumiendo que pierden un 50 % de su peso, ya que 60% [32] lo logran solamente al final de las 16 semanas, hay que tener espacio suficiente que asegure el tratamiento completo de los RSO.

Siguiendo con los respectivos cálculos, si se estima una pérdida del 50% del peso de los residuos durante la primera fase de dos meses, entonces el terreno requerido para la fase de maduración también se vería disminuido en un 50%, para lo cual el área requerida sería de la mitad del anterior, es decir de 219,37 m². (19.5 m x 11,25 m).

En conclusión el área requerida total para toda la zona de compostaje, sería de un total de 1974,37 m². La cual podría dimensionarse con 58,5 m de largo y 33,75 m de ancho.

Precisando de una vez, los dos factores que pueden afectar a la mezcla de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU) para el compostaje son la relación carbono: nitrógeno (C:N) y el contenido en humedad. Normalmente se

requiere el análisis en laboratorio para determinar cómo deberían mezclarse diversos materiales orgánicos para su compostaje aerobio. Si la fracción orgánica de los RSU contiene cantidades significativas de papel u otros sustratos ricos en carbono, se pueden mezclar otros materiales orgánicos tales como residuos de jardín, estiércol o fangos de plantas de tratamiento de aguas residuales para proporcionar una relación C:N casi óptima. [12] Sin embargo la realización de dichos estudios sobrepasa las capacidades técnicas y económicas del presente proyecto, en esta instancia, se recomienda hacer un estudio de laboratorio de los RSO por parte del municipio antes de la puesta en marcha de la propuesta.

Las pilas de compost deberían estar cubiertas, ya sea con plástico o preferiblemente contar con una estructura metálica y tejas. Para prevenir la saturación de humedad en las pilas durante los meses de invierno o daños en la calidad del compost debido a condiciones ambientales adversas.

El área de movimiento para la volqueta sería de aproximadamente, 16 m de ancho por 16 m de largo, es decir 256 m².

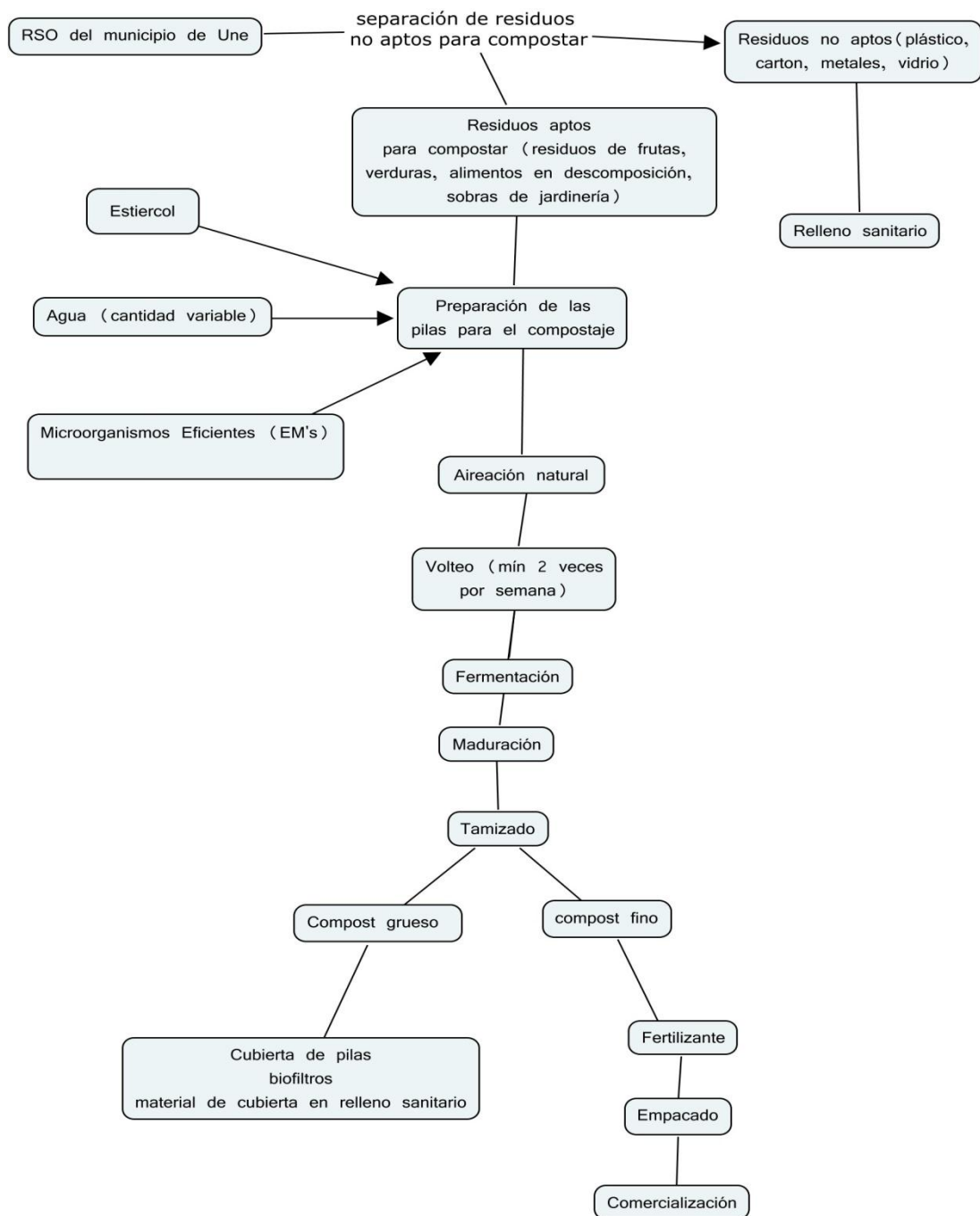
Tabla 27. Dimensiones del terreno requerido para el compostaje

Ancho	58,5 m
Largo	33,75 m
Número de pilas por ancho	17
Número de pilas por largo	16
Espacio entre cada pila	0.5 m
Área total	1.974,37 m²

Fuente: El autor, 2012

10.11 DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA DE COMPOSTAJE MANUAL EN EL MUNICIPIO DE UNE CUNDINAMARCA

Figura 17. Diagrama de flujo funcionamiento planta de compostaje manual



Fuente: El autor, 2012

10.12 EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE UNE

Báscula: Se trata de una báscula pequeña, para pesaje el pesaje de los RSO, más no de toda la volqueta como si ocurriría en la entrada de una relleno sanitario. Se escogió este tipo de báscula porque se acomoda a la magnitud de la planta, que tendría la capacidad mínima de procesar 1 ton/día de RSO y la capacidad máxima de 1.6 ton/día (generación de RSO proyectada para el 2026). Como se pudo apreciar en el ítem 10.2.8 del presente trabajo.

Figura 18. Báscula para pesaje de RSO. [17]



Tabla 28. Especificaciones técnicas báscula

Modelo	Capacidades	Plataforma (metros)
Romana	1.500 Kg	1,524 x 1,220
Digital electrónico	2.000 Kg	2,410 x 0,870
Romana y digital electrónico		2,410 x 1,520

Fuente: Fabricas Revuelta, www.revuelta.com

Contenedores de ruedas o carretilla: Se emplearán para transportar los RSO del lugar donde los deposita la volqueta hasta la caseta donde se piensan armar a diario las pilas de residuos y estiércol para la producción de compost. La distancia entre el lugar donde la volqueta dejaría la basura y la caseta de compostaje debería ser no mayor a 10 m.

Figura 19. Carretilla de plástico. [18]



Como se verá en el siguiente capítulo, la generación diaria de RSO de Une es de aproximadamente 1 ton, lo cual equivale a 1000 kg/día. Así que haciendo la analogía de que un bulto pesa 50 kg, la cantidad de RSO a transportar en la carretilla sería de 20 bultos/ día para el primer año de operación y de 32 bultos día para el último año del periodo de diseño.

Después de lo anterior expuesto, se puede deducir que si el trabajo se repartiera entre dos operarios, cada uno tendría que encargarse de transportar en la carretilla 10 bultos de RSO al día. Lo cual podría hacerse en cinco viajes de menos de 10 m.

Cabe agregar que aunque el terreno donde tendría que transportarse los RSO con la carretilla está cubierto de pasto, es un terreno de pendiente baja que facilita en cierta medida esta parte operativa.

Por otra parte, después de transcurrido los cuatro meses mínimos del compostaje, debe pasarse este a través de un tamiz, para seleccionar que parte sirve para la venta de uso como fertilizante y cual todavía no está listo. Esta operación también sirve para retirar materiales foráneos del compost que alteran su calidad, como trozos de plástico, metales u otros.

La separación de materiales foráneos se puede hacer con un tamiz, el cual también sirve para la clasificación del compost según fracciones. La fracción fina se puede utilizar como abono y la fracción gruesa como material de filtro biológico, como cobertura de relleno sanitario ó como material de relleno en la arquitectura del paisaje. Esta clasificación puede llevarse a cabo con tamices manuales ó tambor. [9]

Tamiz tambor: Es un sistema que permite la separación del compost en fracciones finas y gruesas, lo cual permite un grado de calidad alto en el compost procesado y distribución según su uso. Consiste en una tolva, tambor de

detección, eje rotatorio, tamiz de la cubierta y motor eléctrico. Es empleado en la industria química, de minerales, construcción, agronomía, reciclaje y compostaje.

Figura 20. Tamiz tambor. [19]



Tabla 29. Especificaciones técnicas del tamiz tambor

Datos básicos			
Condición	Nuevo	Lugar del origen:	China (continente)
Marca:	pk	Número de Modelo:	gts
material de la pantalla del marco:	de acero al carbono o como petición	tamiz de malla tipo:	de malla de alambre, malla perforada o como petición
material de malla:	De acero al carbono, de acero inoxidable	La cubierta n.:	1~3 cubiertas.
de la estructura:	tipo abierto o cerrado tipo	impulsado por el dispositivo:	Motor eléctrico, reductor
dispositivo auxiliar:	De la tolva, conducto colector si es necesario	de color:	como petición
la instalación:	instalar suelo	de la aplicación:	La metalurgia, de la industria, de los alimentos, la agricultura

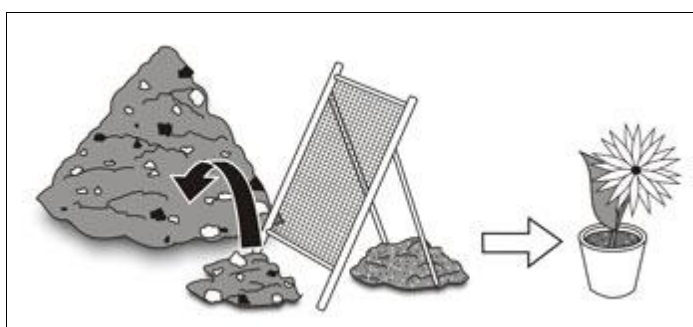
Fuente: www.alibaba.com

La capacidad mínima de este equipo es de 50 ton/hora y el precio es de US \$1.584. Se revisaron otros tamices tambor, y el de mínima capacidad es el que se

acaba de describir en la tabla 26. Si se calcula la capacidad máxima que debería tener el tamiz para la planta de compostaje de Une, tan solo necesita de procesar 0.6 ton de compost día, lo cual es el equivalente a 12 bultos de 50 kg cada uno, como se puede apreciar en los datos de la tabla número 29. Por lo tanto, lo recomendable es emplear un tamiz manual y contratar el número apropiado de operarios.

Tamiz manual: Consiste en una malla metálica con marco de madera. Un tamiz estándar puede medir de 1,2 a 1,5 m de largo y de 0.8 a 1m de ancho. EL diámetro de la malla se consigue de 12 mm y de 25 mm. [17]

Figura 21. Tamiz manual. [20]



10.13 PRODUCCIÓN DE COMPOST ESTIMADA

Teniendo en cuenta, la anterior tabla donde se hizo la proyección de la cantidad en kilogramos de compost, entonces si un bulto de este pesa en promedio 50 kg, la cantidad estimada de bultos a generar sería la siguiente:

Tabla 30. Proyección cantidad de compost

Año	bultos de compost de 50 kg cada uno por mes
2012	262,77
2013	267,53
2014	272,30
2015	277,07
2016	281,84
2017	286,61
2018	291,37
2019	296,14
2020	300,91
2021	305,68
2022	310,44
2023	315,21
2024	319,98
2025	324,75
2026	329,52

Fuente: El autor, 2012

Por último, esta proyección se realizó con el fin de saber que ingresos se podrían tener por la venta de compost, sabiendo que un habitante de Une paga en promedio \$11.025, se aproxima el valor a \$12.000 por un bulto de abono orgánico, según las encuestas realizadas en el presente trabajo.

Hecha la observación anterior, para el primer año, es decir si la planta estuviera funcionando ahora mismo, los ingresos mensuales por venta de compost serían de aproximadamente \$9'459.720. Sin embargo, un análisis más completo se presenta a continuación, en el capítulo de análisis económico y financiero de todo el programa de compostaje como tal.

10.14 PARÁMETROS DE DISEÑO PLANTA DE COMPOSTAJE DE UNE

A continuación se presentan las áreas para cada componente y de esta manera el área total. La “A” en la siguiente expresión significa “área”.

Área Total = A recepción de residuos + A zona de compostaje + A bodega de almacenamiento + A oficina + A baños (2) + A circulación de volqueta + A circulación de personas (15% del a. total)+ A cuarto para guardar maquinaria y equipos + A cuarto almacenamiento temporal de residuos no aprovechables.

Entonces, a continuación se presentan los valores para cada ítem, basados en cálculos anteriores. Es pertinente mencionar que el área para circulación de personas dentro de la planta, se obtiene de la recomendación del RAS, en la cual dice que debe ser un 15 % del área total.

$$\text{Área Total} = 25 \text{ m}^2 + 1.974,3 \text{ m}^2 + 36 \text{ m}^2 + 10,5 \text{ m}^2 + 8 \text{ m}^2 + 256 \text{ m}^2 + 25 \text{ m}^2 + 7,5 \text{ m}^2 + 6 \text{ m}^2 = 2.671,9 \text{ m}^2.$$

También cabe agregar, que las dos últimas áreas, no ingresan dentro del análisis costo beneficio que se hace más adelante, porque es infraestructura que estaba hecha de la planta anterior, solo se requiere de hacerle algunos arreglos.

Tabla 31. Parámetros de diseño planta Municipal de compostaje de Une Cundinamarca

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Factor movimiento-equipos	1.3	NA
Cantidad de residuos generados	(1,37)Proyección año 2026	Ton/día
Tiempo máximo almacenamiento del compost	3	meses
Densidad Residuos Orgánicos	291	Kg/m ³
Volumen Orgánico en un tiempo de 3,5 días	16,68	m ³ /media semana
Tiempo de procesamiento de compost	4	meses
Altura de la pila	1,5	m
Ancho de la pila	1,5	m
Largo de la pila	3	m
Separación entre pilas	0,50	m
Área de bodega de almacenamiento compost	36	m ²
Cantidad de compost producido con RSO de 3 meses	824 bultos (año 2026)	Bultos de 50 Kg/ mes
Número de pilas	4,5 pilas por día	Pilas
Área Total de compostaje	1974,37	m ²
Área de baño	4 m ² * 2baños	m ²
Área de oficina	10.5	m ²
Área de planta	2.671,9	m ²

Fuente: Adaptado del Programa de Gestión de Residuos Sólidos Orgánicos para la Ciudad de Bogotá. 2010.

11. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL

11.1 REVISIÓN METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Numerosos tipos de métodos han sido desarrollados y usados en el proceso de evaluación de impacto ambiental (EIA) de proyectos. Sin embargo, ningún tipo de método por sí solo, puede ser usado para satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto, por lo tanto, el tema clave está en seleccionar adecuadamente los métodos más apropiados para las necesidades específicas de cada estudio de impacto. [29]

Cabe aclarar que la información que aquí se presenta hace parte de la tesis doctoral: “Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales” de la Universidad politécnica de Cataluña, por el Dr. Luis Alberto García Leyton.[29]

Canter y Sadler (1997) clasificaron las metodologías para la evaluación de impacto ambiental en veintidós grupos listados alfabéticamente y no en orden de importancia o de uso, los cuales se citan a continuación:[29]

- 1) Analógicos
- 2) Listas de chequeo
- 3) Listas de chequeo enfocadas a decisiones
- 4) Análisis ambiental coste-beneficio
- 5) Opinión de expertos
- 6) Sistemas expertos
- 7) Índices o indicadores
- 8) Pruebas de laboratorio y modelos a escala
- 9) Evaluación de paisajes
- 10) Revisión bibliográfica
- 11) Cálculos de balance de materia
- 12) Matrices de ausencia-presencia
- 13) Monitorización
- 14) Estudios de campo
- 15) Redes
- 16) Sobreposición de mapas
- 17) Fotografías
- 18) Modelización cualitativa
- 19) Modelización cuantitativa
- 20) Evaluación de riesgo
- 21) Construcción de escenarios
- 22) Extrapolación de tendencias

Para seleccionar una metodología, se recomienda tomar en cuenta algunas características importantes como: si da una visión global, si es selectivo, mutuamente excluyente, si considera la incertidumbre, si es objetivo o interactivo.[29]

Después de la revisión detallada de las veintidós metodologías de evaluación de impactos ambientales, se escogieron las siguientes para ser aplicadas de manera integral en la evaluación de impactos ambientales de la implementación de una planta municipal de compostaje para el aprovechamiento de los RSO del municipio de Une.

Listas de chequeo: Hay muchas variedades de listas de chequeo, este tipo de metodología es la más frecuentemente utilizada en los procesos de EIA. Típicamente, la lista de chequeo contiene una serie de puntos, asuntos de impacto o cuestiones que el usuario atenderá o contestará como parte del estudio de impacto. Tales listas de chequeo representan recordatorios útiles para identificar impactos y proporcionar una base sistemática y reproducible para el proceso de EIA.

Revisión bibliográfica: supone ensamblar información sobre los tipos de proyectos y su impacto típico. Cómo se notará, por analogías, este tipo de información puede ser muy útil para la pronta definición de impactos potenciales. Puede también ser usado para cuantificar anticipadamente, cambios específicos e identificar las medidas de mitigación para minimizar efectos indeseables. Actualmente está disponible una abundante información sobre impactos típicos de algunos proyectos.

Fotografías: son útiles como herramientas para propósitos de desplegar la calidad visual del ambiente seleccionado e identificar los potenciales impactos visuales de una acción propuesta. En ese considerando, esta aplicación está relacionada con los métodos de evaluación del paisaje descritos anteriormente, con la ventaja adicional del uso de la fotografía digitalizada.

Matriz de ausencia- presencia: Es una matriz cualitativa, también conocida como matriz semáforo, la cual se compone a partir de una lista de actividades del proyecto versus posibles impactos ambientales. El objetivo de esta matriz es identificar que actividades del proyecto causan cada tipo de impacto ambiental.

En segundo lugar, se clasifican los impactos por colores; rojo para impactos altos, amarillo para impactos medios y verde para impactos bajos. De esta manera se identifican y clasifican los impactos ambientales de manera sencilla y se tienen los insumos necesarios para la formulación de medidas de mitigación, corrección o compensación para cada impacto, según corresponda.

11.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES IMPLEMENTACIÓN PLANTA DE COMPOSTAJE MUNICIPAL

Sobre la base de las consideraciones anteriores, la evaluación de impactos ambientales de la implementación de una planta municipal de compostaje para el aprovechamiento de los RSO del municipio de Une, se inicia con la lista de chequeo, los puntos que a continuación se presentan, serán ordenados dentro de una adaptación de la matriz semáforo, la cual permite una identificación cualitativa de los impactos ambientales.

11.2.1 Lista de chequeo impactos ambientales de la propuesta

- Generación de olores ofensivos, provenientes de la descomposición de los RSO, como mercaptanos y otros gases contaminantes.
- Gases producto del proceso de fermentación durante del compostaje.
- Generación de lixiviados y con ello contaminación del agua y del suelo.
- Contaminación del suelo por el mal almacenamiento de los RSO dentro de la planta de compostaje.
- Aporte de gases efecto invernadero, como el CO₂.
- Impactos sobre la fauna, que podría alejarse del lugar, debido a la presencia de residuos, ruido de las volquetas y otra maquinaria. Especialmente aves.
- Presencia de vectores, como ratas, moscas, aves carroñeras, entre otros.
- Disminución de zonas verdes, para la construcción de bodega de almacenamiento de compost, oficina y demás instalaciones complementarias.
- Riesgo de enfermedades en los trabajadores.
- Riesgo de enfermedades sobre población rural cercana a la planta de compostaje.

11.2.2 Revisión bibliográfica

Esta etapa de revisión bibliográfica se puede ver especialmente en el marco teórico del presente proyecto, en esta etapa se identificaron puntos clave para tener en cuenta en la evaluación de impactos ambientales. Además toda la bibliografía revisada para la elaboración de la propuesta como tal, implica un conocimiento clave para la comparación del presente estudio con otras propuestas similares de plantas de compostaje municipales que procesan RSO.

11.2.3 Fotografías

Las fotografías fueron tomadas en el terreno donde se piensa implementar el proyecto, se pueden predecir algunos de los cambios que se efectuarán sobre el paisaje y de esta manera hacer descripción cualitativa de los posibles impactos ambientales. *Revisar anexo 4.*

11.2.3 Matriz de ausencia-Presencia de impactos ambientales en Planta de Compostaje Manual

Después de la revisión de varios tipos de matrices de impacto ambiental, se decide hacer una matriz de ausencia- presencia, también conocida como, matriz “semáforo”, la cual contiene la caracterización cualitativa de los impactos ambientales potenciales de una planta de compostaje manual para el municipio de Une. *Revisar anexo 5.*

Luego del diseño de la matriz de impacto ambiental, se clasificaron los impactos de la siguiente manera:

Rojo: Alto
Amarillo: Medio
Verde: Bajo

Posteriormente se formulan una serie de acciones para el manejo de los impactos altos y medios, se recomienda diseñar un plan de manejo ambiental completo para todo el funcionamiento de la planta de compostaje.

11.2.4 Acciones de manejo para el control de impactos ambientales

A continuación se presentan las acciones que deberían tomarse para la mitigación y control de los impactos ambientales más significativos identificados en la matriz realizada anteriormente.

Las acciones o estrategias que aquí se exponen, se adaptaron al modelo de fichas ambientales requeridas en un plan de manejo ambiental (PMA), sin embargo no

con todos los ítems que exige una ficha de manejo, simplemente se seleccionaron los impactos altos y medios, se organizaron en una tabla y se propusieron medidas de manejo para la mitigación, corrección y compensación, según fuera el caso.

Cabe agregar, estas fichas no constituyen todo lo que implica un estudio para la formulación de un PMA, ya que se esto se sale de los objetivos y alcance del proyecto. Sería recomendable que futuros estudios profundizaran en el tema.

Tabla 3229. Manejo de impactos ambientales en la etapa de construcción

FICHAS DE MANEJO AMBIENTAL	
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	
Impacto ambiental	Acciones de manejo
Emisión de gases de combustión por el movimiento de maquinaria pesada	Asegurarse de que los vehículos que ingresan a la obra, cuenten con certificado de gases y revisión técnico-mecánica.
Tala de especies arbustivas y gramíneas para la construcción de las instalaciones	Reforestación con especies nativas alrededor de la planta de compostaje, lo cual sirve como barreras vivas para control de olores y además compensa el daño ambiental de la tala y desbroce del suelo.
Emisión de partículas	Uso de malla protectora alrededor de la obra, para evitar que el material particulado sobrepase los límites de la obra y afecte a salud pública.

Fuente: el autor, 2012

Tabla 33. Manejo de impactos ambientales en la etapa de construcción

ETAPA DE OPERACIÓN

Impacto ambiental	Acciones de manejo
Emisión de olores ofensivos	Como se estudió en el capítulo 7, ítem 7.6, en plantas manuales, no se necesita un tratamiento tecnológico del aire. Es verdad que hay emisiones olfatorias fuertes durante las dos primeras fases de descomposición y cada vez que se remueve el material, pero se puede minimizar los impactos negativos con métodos sencillos y económicos. Se pueden Cubrir los lechos o pilas de material con pasto o con una capa fina de compost grueso (5 a 10cm). Sin embargo, si los olores son muy fuertes, existe una alternativa tecnológica de fácil implementación, que ha sido usada en varios municipios de Colombia, especialmente de Boyacá para el tratamiento de olores ofensivos en plantas de compostaje. La solución consiste en el uso de microorganismos eficientes que se consiguen de manera comercial en forma líquida y sirven para el control de este problema. Con referencia a lo anterior, se recomienda el uso de microorganismos eficientes (EMs), los cuales contribuyen a la aceleración del proceso de fermentación y también al control de olores. [13] La dosificación es de 5 litros de EMs por tonelada de material fresco durante todo el proceso. Los cuales se distribuyen de la siguiente manera: • Armado de la pila: 2 litros de EM diluidos en 18 litros de agua • Volteos: 1 litro de EM diluido en 9 litros de agua por volteo y durante tres volteos
Generación de lixiviados.	Una alternativa de manejo para los lixiviados consiste en: • En la base de la pila se coloca una capa de aserrín de aproximadamente 5 cm de espesor, son el objetivo de recoger los lixiviados producidos en la transformación de la materia orgánica. • Cabe mencionar que el aserrín luego puede

	incorporarse a la pila de compostaje y de esta manera dar recirculación a los lixiviados, hasta que se conviertan finalmente en compost líquido.[13]
Contaminación del suelo y acuíferos por mala disposición de los RSO.	La acción para controlar este impacto, debe darse desde el diseño. La planta debe contar con un piso duro, ya sea pavimentado o una cubierta de geotextil que permita la adecuada disposición de los lixiviados que puedan generarse durante el proceso, evitando que se filtren al suelo.
Riesgo de enfermedades en los trabajadores de la planta.	Las acicones preventivas en este caso son las mejores. Lo recomendable es que los operarios de planta utilicen todos los elementos de protección personal, como mínimo los siguientes: • Overol • Mascaras de protección • Guantes de seguridad adecuados, debidamente certificados • Cofias (gorros de tela) • Casco, cuando sea necesario, para bajar los RSO de la volqueta. • Botas de caucho
Riesgo de enfermedades en población rural cercana a la planta.	Con el control de olores con los EMs, se podría implementar barreras vivas para el control de olores hacia el exterior de la planta. Algunas empresas han utilizado estas medidas con éxito, [13] no en una planta de compostaje, pero si en industrias que generan igualmente olores ofensivos fuertes. Esto podría ser una etapa de experimentación y no se pierde nada si se siembran los árboles.
Ruido por el transporte de los residuos	Las horas de recolección de los residuos deberían ser preferiblemente en la mañana, cuando no afecte las horas de sueño o de descanso de sus habitantes.

Fuente: El autor, 2012

12. ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA MUNICIPAL DE COMPOSTAJE EN UNE.

12.1 ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado tiene como finalidad determinar si existe o no una demanda que justifique la propuesta en marcha de un programa de producción.[1]

Los aspectos que se deben analizar en el Estudio de Mercado son:

- El consumidor del mercado y del proyecto, actuales y proyectados.
- La tasa de demanda del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
- La competencia y las ofertas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
- El producto del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
- Comercialización del producto y del proyecto.

A continuación se presenta un breve análisis de los aspectos más importantes dentro de un estudio de factibilidad aplicados al presente estudio de caso.

Los consumidores de compost son principalmente las personas que realizan actividades agropecuarias de gran extensión, sin embargo también se encuentran en un segundo lugar quienes realizan actividades de jardinería y horticultura en pequeña escala.

Para el caso específico de este proyecto, no existen consumidores actuales de compost dentro del municipio de Une. Las tiendas de agro no cuentan con este producto, por lo tanto, la oferta se ve limitada a los abonos químicos y algunos orgánicos sin procesar, como la gallinaza y porcinaza.

Por lo tanto, los consumidores potenciales del compost en el municipio de Une Cundinamarca son todos los habitantes de Une que realizan actividades agrícolas.

A continuación se presenta la tabla 31, con la distribución de la tierra en el municipio, lo cual permite evidenciar una demanda de 4133 clientes potenciales.

Tabla 34. Tenencia de la tierra

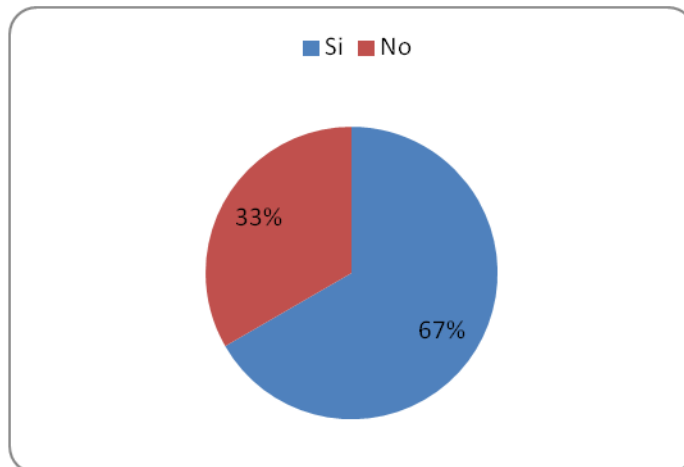
Característica propiedad	Número de personas	Porcentaje
Propietarios con más de 50 hectáreas	8	0.19
Propietarios con tierras entre 20 y 50 hectáreas	4	0.095
Propietarios con tierras entre 4y 20 hectáreas	4	0.095
Propietarios con tierras de menos de 4 hectáreas	4117	99.6

Fuente: PGIRS de Une, 2012

El 99.6% de los propietarios de tierra en el municipio posee un terreno menor de 4 hectáreas. El 0.4% son propietarios de más de 4 hectáreas

Para complementar la información anterior, se incluyeron unas preguntas relacionadas con el tema en una encuesta que se aplicó a 135 habitantes del municipio. Los resultados fueron los siguientes:

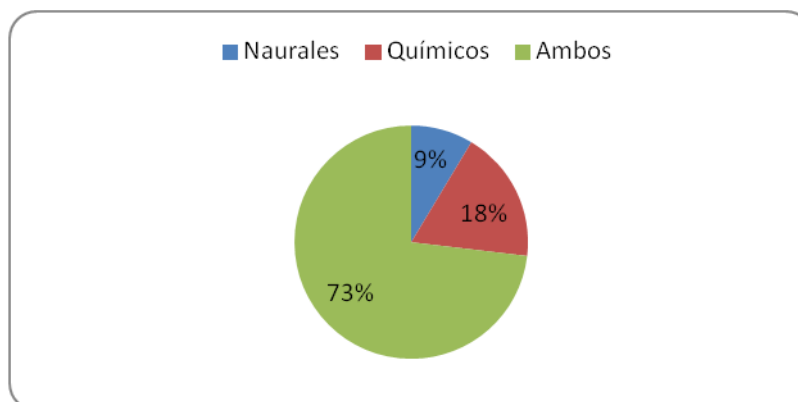
Figura 22. Proporción de habitantes que realizan actividades agropecuarias.



Fuente: El autor, 2012.

Según los resultados de las encuestas, se estima que el 67 % de la población realiza alguna actividad agropecuaria. Dentro de las cuales se destacan el cultivo de papa y la ganadería.

Figura 23. Tipos de fertilizantes usados con más preferencia en Une



Fuente: El autor, 2012.

Ambos tipos de fertilizantes son utilizados por los agricultores de Une, ellos afirman que para cualquier cultivo son necesarios ambos tipos de abonos, ya que se complementan y el rendimiento del suelo es mucho más eficaz.

Sin embargo una pequeña proporción, el 9 % prefieren los orgánicos, debido a que no realizan actividades de agricultura a gran escala, dicen no necesitar los químicos.

Finalmente, el 18 % prefiere netamente los abonos químicos, ya que afirman que estos son mucho más eficientes y actúan de manera más rápida frente a los abonos orgánicos.

En ese orden de ideas, otras de las observaciones que se pueden añadir a las gráficas, son las siguientes: Un individuo está pagando en promedio \$11.025 por un bulto de abono, que equivale a 50 kg de abono orgánico sin procesar (gallinaza, porcínaza y bovinaza). Por otro lado se está pagando \$75.684 por la misma cantidad de abono químico.

El consumidor actual del proyecto, en caso de que se decida implementar, es la Alcaldía Municipal de Une Cundinamarca, ya que ellos serían los encargados de ejecutar el proyecto ó en otro caso de cederle los derechos a una empresa privada de implementarlo.

12.2 ESTUDIO FINANCIERO

Los objetivos de esta etapa son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores y elaborar los cuadros analíticos y antecedentes adicionales para la evaluación del proyecto, lo cual permitirá determinar la rentabilidad del mismo. [19]

El primer paso consiste en la sistematización financiera, lo cual requiere de la identificación y orden de todos los ítems de inversiones, costos e ingresos que puedan deducirse de estudio previos.

12.2.1 Recursos disponibles para inversión y funcionamiento

En este aspecto solo se dispone de los recursos producto de las tarifas y de las participaciones que recibe el municipio para el Sistema General de Participaciones, del sector de agua potable y saneamiento básico, recursos que se manejan mediante un fondo general del cual se destina parte a suplir el déficit del servicio de aseo el cual fue para el año 2011 de \$ 42.154.890.

Tabla 35. Fuentes y montos de recursos disponibles para inversión

Fuentes de recursos para inversión	Montos en el período del 2011
Ingreso por tarifas	\$33.425.800
Ingreso por servicios especiales	\$0
Ingresos financieros	\$0
Ingresos de transferencia de entidades del gobierno	\$42.154.890
otro	\$0
TOTAL	\$75.580.690

Fuente: Oficina de Servicios Públicos de Une, 2012.

Para determinar los costos unitarios se partió de una cantidad promedio de 44 toneladas de residuos recolectados y llevados al sitio de disposición final, al mes para un total de 530 toneladas anuales, según registros de la oficina de servicios públicos, así como de los costos de los componentes presentados en la tabla 31.

En este orden de ideas el costo unitario anual por tonelada para recolección y transporte al sitio de disposición final es de \$61.086; el de barrido y limpieza de

\$40,238 y el de disposición final, o sea lo que se paga al relleno Doña Juana por tonelada es de \$11,600. [3]

Tabla 36. Costos de inversión, operación, mantenimiento y administración por componente.

Componente	Inversión	Operación y mantenimiento	Administración	Total componente
Recolección y transporte al sitio de disposición final	\$0	\$31.063.700	\$1.311.330	\$32.375.030
Barrido y limpieza	\$0	\$18.703.300	\$2.622.670	\$21.325.970
Disposición final	\$0	\$6.150.000	\$0	\$6.150.000
TOTAL	\$ 0	\$ 55´917.000	\$ 3´934.000	\$59´851.000

Fuente: Oficina de servicios públicos de Une, 2012.

12.2.2 Evaluación por relación beneficio / costo

El método para seleccionar alternativas más comúnmente utilizado por las agencias federales para analizar la conveniencia de proyectos de obras públicas es la relación beneficio / costo (B/C). Como su nombre lo sugiere, el método B/C se basa en la relación de los beneficios a los costos asociados con un proyecto particular. Un proyecto se considera atractivo cuando los beneficios derivados desde su implementación exceden a los costos asociados. Por lo tanto, el primer paso en análisis B/C es determinar qué elementos constituyen beneficios y cuales costos. En general, los beneficios son ventajas en términos de dinero, que recibe el propietario. Por otro lado, cuando el proyecto bajo consideración comprende desventajas para el propietario, estas se conocen como desbeneficios (D). Finalmente, los costos son gastos anticipados para construcción, operación, mantenimiento, entre otros. El análisis B/C siempre se utiliza en los estudios económicos realizados por las agencias federales, estatales o municipales, es útil pensar que el propietario es el público y el que incurre en los costos es el gobierno. La consideración de si un ítem dado debe considerarse como beneficio ó costo, depende, de a quién afectan sus consecuencias. [30]

En el marco de las observaciones anteriores, se procede a hacer el cálculo de todos los costos e ingresos para implementar y poner en funcionamiento la planta de compostaje. A continuación se presenta una tabla con los estimativos de costos de inversión, operación y mantenimiento. Para un análisis detallado de cada ítem, *Revisar anexo 6*.

En relación con este último, es importante mencionar que los costos que a continuación se presentan, son estimativos y por lo tanto no representan un valor monetario exacto, los precios pueden variar por diferentes motivos, sin embargo un inventario general de ingresos, gastos y costos, puede ayudar a formar un panorama de la viabilidad financiera del proyecto.

Tabla 37. Costos totales de implementación y operación de una planta municipal de compostaje en el municipio de Une Cundinamarca

COSTOS DE INVERSIÓN	
Costos de obra civil de instalaciones complementarias. (bodega, oficina y baño)	\$ 11.210.216,59
Costos de cubierta área de compostaje	\$ 8.697.480,00
Costos maquinaria y equipos	\$ 5.836.000,00
costos mano de obra para la construcción	\$ 5.972.308,98
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN	\$ 31.716.005,57
COSTOS DE OPERACIÓN	
Por concepto de servicios públicos, salarios , transporte de los RSO y otros insumos mensuales	\$ 5.315.304,00
COSTOS DE OPERACIÓN AL AÑO	\$ 63.783.648,00
TOTAL COSTOS	\$ 95.499.653,57

Fuente: El autor, 2012

Antes de calcular una relación B/C, todos los beneficios, desbeneficios y costos que se utilizarán en el cálculo deben convertirse a una unidad monetaria común, como en los cálculos de valor presente, valor futuro ó unidades monetarias por año, cualquier método: valor presente, valor futuro o valor anual pueden ser utilizados. Independientemente del método utilizado en el análisis B/C, es importante expresar tanto el numerador y el denominador en los mismo términos. [30]

Así que, en primer lugar se presentan a continuación los valores futuros de ingresos, gastos y costos. Para el cálculo de valor futuro de los posibles ingresos, la fórmula que se aplicó fue la siguiente:

Ecuación 10. Cálculo de valor futuro

$$VF = VP (i + 1)$$

Donde:

VF: Valor futuro

VP: valor presente

i: tasa de interés, en este caso se tomo el IPC (índice de precios del consumidor)

Cabe aclarar que el anterior cálculo matemático se hizo con el fin de hallar las proyecciones de costos e ingresos para cada año y que dichos valores están en valor presente del dinero, es decir el valor que se presenta para el 2026 o para cualquier año es dinero con valor presente, para poder de este modo realizar el respectivo análisis de valor presente neto. La tasa de interés aplicada fue un promedio de los últimos 10 años del IPC (índices de precios del consumidor). Dado que es la recomendable a la hora de evaluar la factibilidad de políticas ambientales y en este caso de un proyecto ambiental centrado en el aprovechamiento de los RSO.

Tabla 38. Promedio de IPC en los últimos 10 años

2012	3,48
2011	3,42
2010	3,17
2009	2,00
2008	7,67
2007	5,69
2006	4,48
2005	4,85
2004	5,50
2003	6,49
promedio	4,67

Fuente: Banco de la Republica de Colombia[31]

Tabla 39. Costos de operación anuales Planta de compostaje de Une

Año	COSTOS DE OPERACIÓN ANUALES
2012	\$ 57.543.648,00
2013	\$ 60.230.936,36
2014	\$ 63.043.721,09
2015	\$ 65.987.862,86
2016	\$ 69.069.496,06
2017	\$ 72.295.041,53
2018	\$ 75.671.219,97
2019	\$ 79.205.065,94
2020	\$ 82.903.942,52
2021	\$ 86.775.556,63
2022	\$ 90.827.975,13
2023	\$ 95.069.641,57
2024	\$ 99.509.393,83
2025	\$ 104.156.482,52
2026	\$ 109.020.590,25

Fuente: el autor, 2012

Teniendo en cuenta un promedio de los últimos 10 años del Índice de Precios al Consumidor (IPC) de de 4, 67 %. [31] y la fijación de un precio de \$ 14.000, determinado a partir de dos factores:

- 1) Teniendo en cuenta que el mercado de compost no se ha implementado aún en el Municipio de Une y que la mayoría de sus habitantes no conocen muy bien el concepto de “compost”, lo cual se puede apreciar en el resultado de las encuestas aplicadas en el presente trabajo, entonces se le preguntó a la gente por el precio que pagan por los abonos orgánicos (gallinaza, porcínaza, entre otros), la respuesta promedio arrojó un valor de \$12.000.
- 2) Se realizó una búsqueda de precios de compost en el mercado nacional y se encontraron precios desde los \$13.000 hasta \$17.000.

Finalmente se realizó el análisis de costo-beneficio con varios precios y se encontró que el que representaba la recuperación de la inversión en el menor tiempo y la asequibilidad en los consumidores potenciales de Une, se daba con \$14.000 por bulto de compost equivalente a 50 Kg.

Tabla 40. Ingresos por ventas de compost

INGRESOS POR VENTA DE COMPOST			
BULTOS mensuales de compost	VENTA DEL 100 % DE BULTOS		VENTAS AL AÑO
262,77	\$	3.678.732,88	\$ 44.144.794,54
267,53	\$	3.920.396,16	\$ 47.044.753,95
272,30	\$	4.176.607,89	\$ 50.119.294,63
277,07	\$	4.448.199,83	\$ 53.378.397,98
281,84	\$	4.736.049,74	\$ 56.832.596,92
286,61	\$	5.041.083,80	\$ 60.493.005,62
291,37	\$	5.364.279,24	\$ 64.371.350,84
296,14	\$	5.706.667,08	\$ 68.480.004,93
300,91	\$	6.069.335,04	\$ 72.832.020,47
305,68	\$	6.453.430,57	\$ 77.441.166,90
310,44	\$	6.860.164,08	\$ 82.321.968,98
315,21	\$	7.290.812,28	\$ 87.489.747,32
319,98	\$	7.746.721,75	\$ 92.960.660,98
324,75	\$	8.229.312,71	\$ 98.751.752,48
329,52	\$	8.740.082,91	\$ 104.880.994,94

Fuente: El autor

Ahora, para calcular los ingresos por tarifa de cada usuario destinados al tratamiento de los RSO en la planta de compostaje se definió tomando el 60% de la tarifa total que se cobra por aseo, ya que los orgánicos equivalen al 60 % para el municipio de Une.

Entonces, dado que la tarifa por suscriptor es de \$4.289.26 mensual. [3] Se multiplica esto por 0.6 y da un resultado de \$2.573.56, que multiplicado por 906 usuarios, arroja unos ingresos totales mensuales de \$ 2.331.138,5.

En conclusión, se traen todas estas cifras de ingresos y costos a valor presente y de este modo se hace el análisis de factibilidad financiera.

Tabla 41. Ingresos totales para la planta de compostaje de Une

AÑO	INGRESOS ANUALES POR TARIFA		INGRESOS TOTALES (TARIFA+VENTA COMPOST)
2012	\$	28.009.974,00	\$ 72.154.768,54
2013	\$	29.318.039,79	\$ 76.362.793,74
2014	\$	30.687.192,24	\$ 80.806.486,88
2015	\$	32.120.284,12	\$ 85.498.682,10
2016	\$	33.620.301,39	\$ 90.452.898,31
2017	\$	35.190.369,46	\$ 95.683.375,08
2018	\$	36.833.759,72	\$ 101.205.110,56
2019	\$	38.553.896,30	\$ 107.033.901,23
2020	\$	40.354.363,25	\$ 113.186.383,72
2021	\$	42.238.912,02	\$ 119.680.078,92
2022	\$	44.211.469,21	\$ 126.533.438,19
2023	\$	46.276.144,82	\$ 133.765.892,14
2024	\$	48.437.240,79	\$ 141.397.901,77
2025	\$	50.699.259,93	\$ 149.451.012,41
2026	\$	53.066.915,37	\$ 157.947.910,31

Fuente: El autor, 2012

La tabla que se presenta a continuación, es el análisis costo-beneficio, que consiste en restarle a los ingresos los costos y de esta manera evidenciar como será el comportamiento de las ganancias dentro del flujo de caja, en el horizonte de tiempo proyectado, en este caso 15 años. Lo que se puede concluir de este análisis es que aparentemente es viable porque genera valores positivos a partir del segundo año, el primero es negativo, debido a la inversión. Sin embargo, este es solo el primer paso, ya que el análisis financiero requiere de la evaluación de la factibilidad mediante otro indicador, como se verá a continuación.

Tabla 42 Relación coste/ beneficio de implementación de la planta de compostaje para Une

AÑO	INGRESOS TOTALES	COSTOS TOTALES	RELACION INGRESOS -COSTOS
2012	\$ 72.154.768,54	\$ 95.499.653,57	\$ (23.344.885,03)
2013	\$ 76.362.793,74	\$ 66.762.344,36	\$ 9.600.449,38
2014	\$ 80.806.486,88	\$ 69.880.145,84	\$ 10.926.341,03
2015	\$ 85.498.682,10	\$ 73.143.548,65	\$ 12.355.133,45
2016	\$ 90.452.898,31	\$ 76.559.352,38	\$ 13.893.545,93
2017	\$ 95.683.375,08	\$ 80.134.674,13	\$ 15.548.700,95
2018	\$ 101.205.110,56	\$ 83.876.963,41	\$ 17.328.147,15
2019	\$ 107.033.901,23	\$ 87.794.017,61	\$ 19.239.883,62
2020	\$ 113.186.383,72	\$ 91.893.998,23	\$ 21.292.385,49
2021	\$ 119.680.078,92	\$ 96.185.447,95	\$ 23.494.630,97
2022	\$ 126.533.438,19	\$ 100.677.308,36	\$ 25.856.129,83
2023	\$ 133.765.892,14	\$ 105.378.938,66	\$ 28.386.953,47
2024	\$ 141.397.901,77	\$ 110.300.135,10	\$ 31.097.766,67
2025	\$ 149.451.012,41	\$ 115.451.151,41	\$ 33.999.861,00
2026	\$ 157.947.910,31	\$ 120.842.720,18	\$ 37.105.190,12

Fuente: El autor, 2012

El siguiente paso es el cálculo del valor presente neto (VPN), el cual es un indicador de rentabilidad, que permite evaluar si el proyecto es financieramente viable o no lo es. El VPN se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 11. Valor presente neto [30]

$$VPN = \sum_j \frac{I_j}{(1+i)^j}$$

Donde:

I_j = suma en el periodo j ,

i = Tasa de descuento, 14%, ya que es la tasa que se ha empleado en estudio similares [6]

J = Período, para este caso son 15 años.

Si el VPN >1 es viable
Si el VPN = 0 no se pierde no se gana dinero
Si VPN < 1 no es factible

Con un valor presente neto (VPN) de \$70.754.270,2 la conclusión es que la implementación de una planta de compostaje es factible financieramente.

Por otro lado, se puede ver que las ganancias mensuales por ejemplo para el segundo año de operación están alrededor de \$ 9'600.449,38, lo cual es bueno, teniendo en cuenta que sin la planta no se estaría recibiendo ningún ingreso.

Según las proyecciones para el primer año de operación se esperan ganancias de \$ 9'600.449,38, lo cual representa ingresos mensuales aproximados de \$ 800.037, que si bien no representa mucho para un proyecto de inversión privada, si representa un ingreso para la administración pública que actualmente paga por la disposición final de todos los residuos municipales un valor de \$6.148.000 al año. Así que la venta de compost representa ingresos frente a la alternativa de disponer los RSO en un relleno sanitario y pagar por ello.

Continuando con la idea anterior, se presenta a continuación un análisis que permite determinar en cuanto tiempo se recupera la inversión del proyecto, bajo las condiciones de ingresos y costos estipuladas anteriormente.

El primer paso consistió en pasar a valor presente las ganancias de cada año y luego ir restando a esos valores la inversión, así para cada año, hasta encontrar en qué año se recupera la inversión.

Tabla 43. Retorno de la inversión del proyecto

AÑO	GANANCIAS A PRECIOS DE HOY	RETORNO DE INVERSIÓN
2012	\$ (23.344.885,03)	\$ (23.344.885,03)
2013	\$ 9.172.111,76	\$ (14.172.773,27)
2014	\$ 9.973.102,98	\$ (4.199.670,30)
2015	\$ 10.774.094,20	\$ 6.574.423,90
2016	\$ 11.575.085,41	\$ 18.149.509,31
2017	\$ 12.376.076,63	\$ 30.525.585,95
2018	\$ 13.177.067,85	\$ 43.702.653,80
2019	\$ 13.978.059,07	\$ 57.680.712,87
2020	\$ 14.779.050,29	\$ 72.459.763,16
2021	\$ 15.580.041,51	\$ 88.039.804,68
2022	\$ 16.381.032,73	\$ 104.420.837,41
2023	\$ 17.182.023,95	\$ 121.602.861,36
2024	\$ 17.983.015,17	\$ 139.585.876,53
2025	\$ 18.784.006,39	\$ 158.369.882,92
2026	\$ 19.584.997,61	\$ 177.954.880,53

Fuente: El autor, 2012

Como se puede observar, la inversión se recupera al cabo de 3 años, es decir en el 2015., lo cual es un buen indicador, ya que después del 2015, las ganancias serían netas para la planta y servir para diferentes fines a la Alcaldía Municipal de Une.

12. ANALISIS DE FACTORES SOCIALES

En cuanto a los aspectos sociales evaluados mediante las encuestas aplicadas en el municipio de Une Cundinamarca, se puede concluir que la mayoría de la población tiene una buena posición frente a la posibilidad de implementar un programa municipal de compostaje que se apoye en programas de educación ambiental y la construcción de una planta municipal de compostaje.

A pesar de la mala experiencia en el anterior proyecto, mediante el cual se intentó hacer un aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante lombricompostaje, la percepción de la población frente a un proyecto similar es buena, ya que muchos de ellos en las entrevistas afirmaron lo siguiente: *“Nosotros entregábamos la basura en tres bolsas distintas, en una los orgánicos, en otras el papel, cartón, plásticos y en otra los residuos no aprovechables; Sin embargo la volqueta de la basura, los recogí todos juntos y eso es desmotivante, así que la gente dejó de reciclar”*.

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando, el proyecto tiene un alta probabilidad de acogida en el aspecto social, implementando un adecuado proyecto de educación ambiental, mediante el cual se explique a la población técnicas de manejo de los residuos sólidos, como minimizar los residuos, reutilizar y reciclar, además de enseñar técnicas de compostaje individual, para que los residuos que se traten en la planta sean mínimos y así la planta pueda operar en condiciones óptimas.

Cabe agregar que otro de los puntos positivos en el aspecto social es que una buena parte de la población reutiliza los residuos orgánicos para la alimentación animal, sea como hollejos (restos de cáscara de papa, alverja, frutas, entre otros, usados como alimentación complementaria para el bovinos y equinos ó como labaza (mezcla de sobras de alimentos procesados que se usa como alimentación para cerdos). Lo anterior, disminuye considerablemente la cantidad de residuos a disponer o tratar, lo cual es bastante bueno para el funcionamiento de la planta y disminución de costos de disposición final en el relleno sanitario Doña Juana.

14. CONCLUSIONES

El municipio de Une maneja sus residuos sólidos urbanos de la manera convencional, se hace recolección mixta de los mismos y se disponen a 48 km en la ciudad de Bogotá. El reciclaje ó aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (RSO) es mínimo, sin embargo una gran parte de la población urbana emplea los restos de alimentos crudos en la alimentación bovina y equina, los restos de comida procesada son dispuestos como alimentación para la cría de cerdos ó para mascotas. Aunque el sector urbano del Municipio de Une tiene una cobertura de recolección de residuos sólidos del 99,9 %, muchos de sus habitantes guardan algunos de los RSO para disponerlos en sus actividades económicas rurales, como ya se mencionó anteriormente, en la alimentación animal y una pequeña parte de la población los emplea como abonos, pero sin darle ningún tipo de tratamiento previo.

Frente a la situación anterior, una gran parte de la población (90%), se mostró dispuesta a recibir capacitaciones en torno al manejo de los RSO y a colaborar en la implementación de un programa municipal de compostaje, la minoría restante no presenta un interés por el tema. Con esto se puede concluir que las probabilidades de acogida comunitaria del proyecto pueden resultar positivas, si se implementan buenas medidas de comunicación y capacitaciones en el manejo de los RSO a la población.

En segundo lugar, se estudió la factibilidad técnica de la propuesta y se encontró que Une cuenta con un terreno potencialmente viable para la implementación de la planta de compostaje, cumple con los requisitos técnicos de distancia mínima a la zona urbana, área mínima, condiciones para el transporte de los RSO, aptitud del suelo, uso del suelo, pendientes y aspectos legales.

Por otro lado, se puede decir que existe una probabilidad alta de tratar con eficiencia los RSO del Municipio, mediante una planta de compostaje manual, durante un lapso de ocho semanas de fermentación y ocho semanas de maduración del compost, aplicando técnicas sencillas para el control de parámetros, como la adición de estiércol ó de cal según sean las necesidades de pH, y riego de las pilas según sea la necesidad de humectación de las mismas.

Posteriormente, al evaluar la viabilidad ambiental, se identificaron una serie impactos potencialmente altos, como: la emisión de olores ofensivos, la contaminación del suelo, contaminación del agua, todo esto por el manejo inadecuado de los RSO dentro de la planta de compostaje. No obstante, en el manejo de residuos y en cualquier proyecto en general van a existir impactos

ambientales, por lo tanto esto no impide que la propuesta pueda ser ambientalmente viable. Si se implementan medidas de mitigación, corrección y control, el proceso del compostaje puede ser ambientalmente positivo y contribuir al desarrollo sostenible de la región. Por ejemplo el uso de microorganismos eficientes EMs para el control de olores se ha encontrado factible en proyectos similares, también el uso de barreras vivas, así como otras buenas prácticas de manufactura, pueden hacer que el proyecto tenga acogida en la comunidad y también sea un ambiente seguro para los trabajadores de la planta.

En lo referente a la factibilidad técnica, es importante mencionar que está directamente relacionada con la factibilidad económica. Tal como se observa en el estudio, con la cantidad y características de los RSO que se generan a nivel municipal, la técnica más apropiada de tratamiento es el compostaje manual, ya que la mecanización de la planta representa gastos que se salen del presupuesto del municipio para este tipo de proyectos y además la cantidad aproximada de 1 ton/día de RSO se hace posible de procesar mediante pilas estáticas y operaciones de compostaje manual.

En lo que se refiere al estudio de mercado, se encuentra una alta probabilidad de éxito en el hecho de implementar una planta de compostaje, debido a que no existe un mercado local actual que ofrezca este producto, además la revisión de las actividades económicas que se llevan a cabo en el municipio, como la agricultura y la ganadería, permiten pensar que la probabilidad de inclusión del compost en el mercado es alta y podría tener buenos márgenes de utilidad.

Seguidamente, un análisis costo-beneficio, permitió encontrar que la factibilidad financiera de implementación del proyecto es positiva, aunque no representaría un negocio para la empresa privada, si alcanza a generar márgenes de ganancia que harían sostenible el funcionamiento de la planta de compostaje, evitando costos por disposición final en el relleno sanitario Doña Juana.

En cuanto a la modalidad de financiamiento, se recomienda acudir a entidades financieras que manejen una tasa de descuento similar a la empleada en el análisis costo/ beneficio, es decir 14 %, por ejemplo el Banco Agrario maneja tasas de descuento dentro del rango del 5,5 % hasta 7,5%[33], lo cual es muy bueno.

Otra opción es la de buscar recursos de financiamiento 100% condonable, actualmente son muchas las entidades interesadas en financiar proyectos ambientales, un ejemplo de ello es la GTZ de Alemania, La fundación del Príncipe Carlos de Inglaterra, entre muchas otras fundaciones dedicadas a la cooperación internacional para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Finalmente, la factibilidad social se hizo evidente a partir de un análisis del diagnóstico, la mayoría de los habitantes de Une están dispuestos a apoyar la

iniciativa de implementar una planta de compostaje a partir de los RSO, sin embargo, primero es necesario el fortalecimiento de la gestión ambiental dentro de las instituciones públicas del municipio, así como la formulación de un programa municipal de compostaje, que incluya proyectos de educación ambiental y socialización de los proyectos con la comunidad.

En conclusión, es factible la implementación de una planta municipal de compostaje a partir de los RSO del casco urbano del Municipio de Uruapan, teniendo en cuenta todas las observaciones y parámetros recomendados en el presente estudio para cada uno de los aspectos: técnico, social, ambiental y económico.

15. RECOMENDACIONES

- Con respecto al componente ambiental, es recomendable hacer un estudio de impacto ambiental completo, que incluya la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales potenciales de una planta de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos (RSO), lo cual sobrepasaba los límites del presente proyecto, pero que sería de gran utilidad para este y otros proyectos similares.
- Se recomienda diseñar un plan de manejo ambiental para la optimización de procesos y buen manejo de los impactos ambientales que se puedan presentar en la planta de compostaje municipal de Une.
- También es recomendable profundizar en el estudio de mercado del compost para el municipio de Une, ya que no se encuentra oferta de este producto actualmente en el municipio y un estudio más detallado podría representar un proyecto innovador a nivel ambiental y financiero.
- En cuanto al estudio de factibilidad social, sería conveniente diseñar un plan de gestión social para todo el programa municipal de compostaje, con lo cual se garantiza una parte importante de la factibilidad de un proyecto como este.
- Se recomienda calcular la proyección de residuos a partir de las estimaciones de proyección de población del DANE, que se encuentran hechas hasta el 2020 y comparar los cambios de diseño que se generen con respecto a los cálculos realizados mediante el método aritmético, el cual fue el seleccionado para el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. G. J. Henao, *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia, Monografía de Posgrado, Especialista en Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín, 2008.*
- [2] Alcaldía Municipal de Une Cundinamarca, Oficina de Servicios Públicos., *Plan de Desarrollo Municipal, 2008-2011*, Une, Cundinamarca, 2012.
- [3] D. C. M. Carlos, *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. PGIRS, Documento oficial para el manejo de residuos sólidos Municipales.*, Une, Cundinamarca, 2012.
- [4] Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de agua Potable y Saneamiento Básico., *Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, Documento oficial para la elaboración de proyectos de acueducto y saneamiento básico en Colombia*, Bogotá, 2000.
- [5] Empresa de Servicios Públicos de Cajicá. S.A. E.S.P., *Programa de Cultura Ciudadana de Separación en la Fuente, Presentación para la rendición de cuentas del programa de compostaje municipal de Cajicá.*, Cajicá, Cundinamarca, Junio de 2011.
- [6] Todo Ambiente Ltda, *Esquema de Ordenamiento Territorial de Une, Documento oficial de la zonificación y características biofísicas del Municipio de Une*, Une, Cundinamarca, 2006.
- [7] Unidad Administrativa de Servicios Públicos UAESP, *Programa para la gestión de los residuos sólido orgánicos para la ciudad de Bogotá, D.C, Versión 2, Documento oficial*, Bogotá, Marzo de 2010.
- [8] *Estudio de Factibilidad de implementación de un plan piloto de gestión integral de residuos sólidos en el Barrio Villa Alexandra en la Localidad de Kenedy, Tesis de pregrado, Ingeniería civil, Universidad Javeriana, Bogotá, 2005.*
- [9] K. P. F. S. M. Torres, «Tamaño de una muestra para una investigación de mercado, Boletín electrónico número 2, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar, P 27.,» Guatemala, 2007.
- [10] Google Earth, «Google Earth,» Google, [En línea]. Available: www.googleearth.com.co. [Último acceso: 12 Julio 2012].
- [11] Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de agua potable y saneamiento básico, *Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento básico, RAS, Título F*, Bogotá, 2000.
- [12] H. T. G. Tchobanoglous, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, volumen II, capítulo 14,

"Tecnologías de conversión biológica y química", Valencia, España.: Mc. GrawHill, 2002.

- [13] L. M. S. O. Buenrostro, «Manejo de Residuos Sólidos en Comunidades Rurales en México, Una visión de los generadores, Instituto de investigaciones agropecuarias y forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Mexico,» Mexico D.F, 2012.
- [14] A. C. V. C. A. Rodríguez Salinas, *Manual de Compostaje Municipal , Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos, Documento oficial del Programa: "Gestión Ambiental y Manejo Sustentable de Recursos Naturales de México", componente gestión de residuos sólidos y sitios contaminados*, Mexico D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 2006.
- [15] M. L. M. S. y. M. Z. O.Huerta, *Compostaje de Residuos Municipales, control del proceso, rendimiento y calidad del producto, Trabajo de investigación realizado por la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (ESAB) en convenio con la Agencia de Residuos de Cataluña., Cataluña, España, 2008.*
- [16] EMISON LTDA., «Tipos de plantas de compostaje, documento guía para la elección de sistemas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos.Barcelona, España,» [En línea]. Available: www.emision.com. [Último acceso: 23 Agosto 2012].
- [17] E. Roben, «Municipio de Loja, "Manual de Compostaje para Municipios",» 2002. [En línea]. Available: www.ded.org.ec. [Último acceso: 17 Agosto 2012].
- [18] EPAM S.A ESP, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial., *Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón*, Bogotá, diciembre de 2008.
- [19] E. A. J. B. K. Acevedo, *Estudio de Factibilidad de un Proyecto, Presentación en power point, Programa de Ingeniería Industrial, Universidad del Atlántico, Barranquilla, 2010.*
- [20] Ministerio de Desarrollo Económico, Departamento de Agua y Saneamiento Básico, *Reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico, Título A*, Bogotá, 2000.
- [21] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, *Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005-2020*, «DANE,» [En línea]. Available: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/7Proyecciones_poblacion.pdf. [Último acceso: 29 enero 2013].
- [22] MAVDT 0053, *Guía 001, Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población , la dotación y la demanda de agua*, Bogotá, 2003.

- [23] M. P. D. Sztern, *Manual para la elaboración de compost, Bases conceptuales y procedimientos, Organización Panamericana de la Salud OPS, Presidencia de la república, Oficina de planeación y presupuesto, Unidad de Desarrollo Municipal*, 2010.
- [24] Fundación Abarrrataldea, «Manual Práctico para técnicas de compostaje,» Abril 2005. [En línea]. Available: www.abarrataldea.org. [Último acceso: 18 Agosto 2012].
- [25] «Basculas y soluciones de pesaje,» www.revuelta.com.mx, [En línea]. Available: <http://www.revuelta.com.mx/basculas-y-soluciones-de-pesaje/basculas/almacen/rfp-y-rgi>. [Último acceso: 30 enero 2013].
- [26] «Ferretería Cobsa,» [En línea]. Available: http://www.ferreteriacobsa.com/webcms/index.php?menu=tiendavirtual&submenu=ficha_producto&id_producto=6114. [Último acceso: 29 Enero 2013].
- [27] Alibaba LTDA, «Industria de maquinaria china,» [En línea]. Available: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/compost-trommel-sieve-587561246.html>. [Último acceso: 28 enero 2012].
- [28] Instituto Nacional de Ecología (INA) de México., [En línea]. Available: Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/3residuos/3-4residuos.htm>. [Último acceso: 12 enero 2013].
- [29] L.A.García, *Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales, Tesis doctoral, Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España*, Mayo de 2004.
- [30] A. Tarquín. L. Blank, *Ingeniería económica*, tercera edición, capítulo III, Mexico: McGrawwHill, 1997.
- [31] Banco de la Republica de Colombia, [En línea]. Available: www.banrep.gov.co. [Último acceso: 24 septiembre 2012].
- [32] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, «P. Román, Taller técnicas de compostaje, Cambio climático y sostenibilidad ambiental, Paraguay, 2012,» 21 Junio 2012. [En línea]. Available: http://www.rlc.fao.org/fileadmin/content/events/taller_tcp-par-3303/compost.pdf. [Último acceso: 12 Diciembre 2012].
- [33] Presidencia de la República, «Sistema Informativo del Gobierno,» 2011. [En línea]. Available: http://wsp.presidencia.gov.co/Prensa/2011/Julio/Paginas/20110706_13.aspx. [Último acceso: 1 Enero 2013].

