

ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONOMICA Y FINANCIERA DE UNA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL
DEPARTAMENTO DEL CAUCA

Elaborado por:
Cesar Ivan Melo Mina
Ingeniero Industrial

Documento elaborado para optar al título de Especialista en gestión de
Residuos Sólidos

Tutor:
Ing. MSc. José Alejandro Martínez S.

UNIVERSIDAD EAN
Bogotá, Julio de 2013

CONTENIDO

Cap.	Pag.
Resumen ejecutivo	1
1. Antecedentes	4
2. Descripción de la región del proyecto	7
2.1 Ubicación Geográfica	7
3. Formulación Del Problema	8
4. Justificación	9
5. Objetivos	9
5.1 Objetivo general	9
5.2 Objetivos específicos	9
6. Marco Teórico Conceptual	10
7. Diseño Metodológico	10
8. Diagnóstico del servicio de aseo en el área de influencia del proyecto	11
8.1 Aspectos técnico operativos.	11
8.1.1 Recolección y transporte.	11
8.1.2 Estación de transferencia Palmaseca, Palmira, Valle del Cauca	12
8.1.3 Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	12
8.1.4 Relleno sanitario regional Presidente	13
8.2 Marco legal para la prestación del servicio de aseo	13
8.2.1 Antecedentes normativos	13
8.2.1.1 Código de recursos naturales renovables	13
8.2.1.2 Código sanitario nacional	14
8.2.1.3 Decreto 0124 de 1983	14
8.2.1.4 Decreto 0196 de 1989	14
8.2.1.5 Decretos 056 de 1991 y 2338 de 1993	14
8.2.1.6 Decreto 605 de 1996	15
8.2.2 Disposiciones legales actuales	15
8.2.2.1 Ley 142 de 1994	15
8.2.2.2 Ley 632 de 2000	16
8.2.2.3 Ley 689 de 2001	16
8.2.2.4 Resolución CRA 151 de 2001	17

	Pag.
8.2.2.5 Decreto 891 de 2002	17
8.2.2.6 Decreto 1713 de 2002	17
8.2.2.7 Resolución 351 de 2005	19
8.2.2.8 Resolución 352 de 2005	19
8.2.2.9 Otras normativas	19
8.3 Modelos de organización para la gestión de residuos Sólidos.	20
8.4 El sector informal de residuos sólidos municipales .	20
9. Análisis del mercado.	22
9.1 Variación poblacional de los municipios.	22
9.2 Residuos sólidos generados por año.	23
9.3 Distancia y tiempo estimado al sitio de disposición final	24
9.4 Costos del servicio de disposición final	25
9.5 Actividades de aprovechamiento y caracterización de residuos sólidos en la región.	27
9.5.1 Funcionamiento de las PMRS	30
9.5.1.1 Materias primas	30
9.5.1.2 Procesos	32
10. Componentes estratégicos de solución para la gestión actual de residuos sólidos en la región.	35
10.1 Descripción de las alternativas tecnológicas.	35
10.2 Alternativa recomendada.	36
11. Concepto y diseño del sistema de manejo integral de residuos sólidos municipales en la región objeto de estudio	38
11.1 Tratamiento Mecánico Biológico (TMB).	38
11.1.1 Descripción del proceso de TMB.	38
11.1.1.1 Preparación mecánica y manual de los desechos a compostar.	39
11.1.1.2 Compostaje	42
11.1.1.2.1 Ventilación	43
11.1.1.2.2 Gestión de aguas de percolación	44
11.1.1.2.3 Volteos	45
11.1.1.2.4 Maduración	45
11.1.1.2.5 Afino del Compost	45
11.1.1.2.6 Seguimiento y monitoreo del compostaje	46
11.1.1.2.7 Relleno sanitario	46
11.1.1.2.8 Personal	47

	Pag.
11.1.1.2.9 Energía	48
11.1.2 Disposición final de los residuos pre-tratados.	49
12. Residuos sólidos municipales para el Tratamiento Mecánico Biológico	50
12.1 Generación de los residuos sólidos municipales.	50
12.2 Características de los Residuos sólidos municipales.	51
12.3 Residuos sólidos que pueden ser llevados a Tratamiento Mecánico Biológico.	52
13. Análisis de viabilidad de implementación del proyecto.	53
13.1 Necesidad actual.	53
13.1.1 Usos de los residuos	54
13.1.1.1 Desechos orgánicos y residuos de jardín	54
13.1.1.2 Papeles	56
13.1.1.3 Cartones	57
13.1.1.4 Plásticos	58
13.1.1.5 Vidrios	59
13.1.1.6 Metales	60
13.1.1.7 Tetra Pack	60
14. Análisis de amenazas y oportunidades	61
14.1 Amenazas	61
14.1.1 Factores económicos	61
14.1.2 Competencia	61
14.1.3 Factores Legales	62
14.2 Oportunidades	62
14.2.1 Factores ambientales	62
14.2.2 Factores sociales	63
14.2.3 Factores políticos	63
14.2.4 Factores demográficos	64
14.2.5 Factores del producto	64
15. Proposición estratégica del negocio	64
16. Estudio del mercado	66
16.1 Empresas recolectoras	66
16.2 Municipios	66
16.3 Cliente comercial	67
17. Evaluación de las alternativas.	67
17.1 Alternativa 1.	68
17.1.1 Costos de implementación de la alternativa 1	68
17.1.1.1 Alternativa sin proyecto	68
17.1.1.2 Alternativa con proyecto	70

	Pag.
17.2 Alternativa 2	71
17.2.1 Alternativa sin proyecto	71
17.2.2 Alternativa con proyecto	72
17.3 Alternativa 3	74
17.3.1 Alternativa sin proyecto	74
17.3.2 Alternativa con proyecto.	75
18. Evaluación y análisis de las alternativas.	77
19. Conclusiones	78

Bibliografía	79
--------------	----

Listado de Tablas

Tabla No.	Pag.
1. Plantas visitadas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).	4
2. Condición de prestación del servicio de aseo.	12
3. Variación poblacional de los municipios en estudio.	22
4. Generación anual de RS.	23
5. Tiempo y distancia al sitio de Disposición final de RS.	24
6. Costo anual de disposición de RS (en pesos).	25
7. Costo anual de disposición de RS (en Euros 2013).	26
8. Aspectos evaluados y método de evaluación de las PMRS.	30
9. Información general de las localidades del Valle del Cauca con PMRS.	31
10. PPC y composición porcentual de los residuos generados en las poblaciones del Valle del Cauca con PMRS.	31
11. Tecnologías utilizadas para la separación de residuos, aprovechamiento de biorresiduos y de materiales reciclables en las PMRS.	33
12. Requerimiento de personal para la planta de TMB.	47
13. Consumo de energía eléctrica para la planta de TMB Propuesta.	48
14. Promedio diario de Residuos sólidos generados en la región.	53
15. Precios de Materiales reciclables por ciudades.	67
16. Costo anual de transporte.	69
17. Costo total de disposición de RS.	69
18. Costo total sin proyecto.	70
19. Costos de operación alternativa 1	70
20. Ingresos por ventas alternativa 1	71
21. Costos de inversión y pre inversión a precios del mercado (Alternativa 1)	71
22. Costo anual de transporte municipio de Popayán	72
23. Costo anual de disposición de RS municipio de Popayán	72
24. Costos totales de disposición y transporte para el municipio de Popayán	72

	Pag.
25. Costos de operación alternativa 2	73
26. Ingresos por ventas alternativa 2.	73
27. Costos de inversión y pre inversión a precios del mercado (Alternativa 1)	74
28. Costo anual de transporte (Alternativa 3)	74
29. Costo anual de disposición (Alternativa 3)	75
30. Costos totales de disposición y transporte (Alternativa 3)	75
31. Costos de operación alternativa 3	76
32. Ingresos por ventas (Alternativa 3)	76
33. Costos de pre inversión e inversión a precios del mercado	76

Listado de Figuras

Figura No.	Pag.
1. Ubicación municipios del Valle.	7
2. Ubicación municipios del Cauca.	8
3. Separación primaria.	41
4. Separación Manual.	41
5. Principio de Ventilación.	43



Listado de Gráficos

Gráfico No.	Pag.
1. Composición de RS.	52
2. Composición detallada de los RS.	52
3. Volteo de pilas de compost.	55
4. Reciclaje de papel.	57
5. Reciclaje de cartón.	57
6. Convenciones materiales plásticos.	58
7. Reciclaje de envases plásticos.	59
8. Reciclaje de vidrio.	60
9. Reciclaje de latas.	60
10. Reciclaje de Tetra Pack	61

Resumen Ejecutivo

Cualquier tipo de actividad de los seres humanos y la naturaleza en general, trae asociado la generación de residuos, que en el caso de la naturaleza, estos son reciclados y/o reutilizados, pero, desde hace mucho tiempo las actividades cotidianas de la humanidad han venido generando una cantidad importante de residuos, que generan situaciones problemáticas en la medida en que existan grandes concentraciones de población y tecnologías de tratamiento de residuos sólidos poco convencionales y que van en detrimento del medio ambiente.

En Colombia, al igual que en la mayor parte del mundo se ha venido haciendo el vertido de residuos sólidos en sitios que no han sido los más adecuados y no cuentan con las condiciones necesarias que garanticen el menor impacto sobre los recursos naturales y/o el medio ambiente. Es por ello, que mediante el decreto 1713 de 2002 *mediante el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos*, se establecen las pautas iniciales para llevar a cabo la disposición final de residuos sólidos mediante rellenos sanitarios; mediante el decreto 838 de 2005 se busca *promover y facilitar la planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos, como actividad complementaria del servicio público de aseo, mediante la tecnología de relleno sanitario. Igualmente, reglamenta el procedimiento a seguir por parte de las entidades territoriales para la definición de las áreas potenciales susceptibles para la ubicación de rellenos sanitarios*; de esta manera se ha fijado una ruta para la normalización de la disposición de los residuos sólidos de los municipios del país.

Mediante resolución 1045 de 2003 se estableció un plazo de dos (02) años a partir de la publicación de dicha resolución, para *realizar la clausura y restauración ambiental de botaderos a cielo abierto y de sitios de disposición final de residuos sólidos que no cumplan con la normatividad vigente o su adecuación a rellenos sanitarios técnicamente diseñados, construidos y operados, conforme a las medidas de manejo ambiental establecidas por las autoridades ambientales regionales competentes*, esta resolución estableció un caos generalizado en cada uno de los municipios del país, toda vez

que los costos de desarrollar dichas actividades eran muy altos y no se encontraban presupuestados ni proyectados para futuras vigencias fiscales. En desarrollo de la resolución 1390 de 2005 y como contingencia al vencimiento del plazo establecido en la resolución 1045 de 2003, se estableció que *“Los municipios cuyo perímetro urbano se encuentre localizado a una distancia superior a 60 kilómetros por vía carretable con respecto a un relleno sanitario, o que encontrándose localizado a una distancia menor o igual a 60 kilómetros del perímetro urbano y en los que las condiciones técnicas de capacidad de dicho relleno impidan la disposición de sus residuos sólidos, los municipios y distritos no puedan disponer sus residuos sólidos en él, deberán construir celdas para la disposición final transitoria de sus residuos sólidos, localizadas en el mismo sitio de disposición en el que vienen depositando sus residuos sólidos, en un plazo máximo de tres (3) meses, a partir de la vigencia de la presente resolución. Estas celdas deberán diseñarse y construirse para una capacidad de disposición equivalente a la generación de residuos sólidos correspondiente a un período de hasta treinta y seis (36) meses, al vencimiento del cual, no se podrá disponer más residuos sólidos en dichas celdas”*.

Esta situación permitió a los municipios pequeños (que son la gran mayoría en el país), contar con una alternativa viable para la disposición de sus residuos, así fuera por un término de tres (03) años.

Teniendo en cuenta que la mayoría de municipios del país no contaban en su totalidad con soluciones puntuales, viables y sostenibles en el tiempo para la disposición final de residuos sólidos, el ministerio de medio ambiente emitió la resolución 1684 de 2008, la cual ampliaba el plazo de operación de las celdas por un año más siempre y cuando se cumpliera con algunas condiciones que deberían ser verificadas por la autoridad ambiental competente, este plazo de ampliación tenía como vencimiento el 29 de septiembre del año 2009. Antes de cumplirse el plazo establecido en la resolución 1684 de 2008, el ministerio de medio ambiente emitió las resoluciones 1822 de 2009 y 1529 de 2010 las cuales ampliaron por un término de dos años en conjunto, el plazo para continuar con la disposición final de residuos sólidos provenientes del servicio de aseo *“siempre y cuando estos residuos se utilicen para lograr una adecuada conformación geomorfológica de las celdas transitorias”*. No obstante lo anterior y

ante la imposibilidad de que los municipios del país en su totalidad lograran contar con un sitio técnicamente adecuado, o rellenos sanitarios cercanos a sus cabeceras municipales, el 22 de septiembre de 2011, el ministerio de medio ambiente emitió una última resolución, la 1890 de 2011, por medio de la cual se establecían alternativas para la disposición de residuos sólidos a municipios que hayan dado cumplimiento a las anteriores resoluciones.

A pesar de todo lo anterior, en el norte del departamento del Cauca y sur del Departamento del valle, lo mismo que Popayán, Capital del departamento del cauca, se vienen realizando alguna de las siguientes practicas:

- Disposición de residuos sólidos en la estación de transferencia de Palmaseca, Palmira Valle del Cauca.
- Disposición de residuos sólidos en botadero a cielo abierto el Cortijo de Puerto Tejada Cauca.
- Disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario Colomba – Guabal de Yotoco Valle del Cauca.
- Disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario Presidente de la ciudad de San Pedro, Valle del Cauca.

Estas soluciones de disposición final de residuos sólidos suponen entre otros: altos costos de desplazamiento, costos elevados de mantenimiento del parque automotor y su correspondiente disminución de la vida útil, bajo nivel de servicio (recolección tardía de residuos), altos costos tarifarios y compromiso de los subsidios aportados por los entes territoriales, etc., lo que lleva a plantear la siguiente hipótesis:

“Los costos de tratamiento de residuos sólidos en una planta de tratamiento mecánico biológica, son menores que los costos en conjunto por transporte y disposición actuales”, hipótesis esta, que será evaluada con el desarrollo del presente proyecto de investigación.

1. Antecedentes

En años recientes, el tratamiento mecánico biológico (TMB) de residuos sólidos municipales (RSM), ha venido ganando terreno en los países de Europa Central como alternativa al tratamiento térmico, teniendo como principales ventajas el menor costo y la sencillez técnica. En Colombia, la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (SSPD) realizó un diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de residuos sólidos en el año 2006. El informe de disposición final realizado por la SSPD en el 2006 reporta 34 plantas de tratamiento integral de residuos. De este total se visitaron 33 sitios de los cuales 3 resultaron ser botaderos ubicados en los municipios de Villa pinzón, (C/marca), Argelia (Valle) y Los Santos (Santander) y 30 resultaron ser plantas de aprovechamiento de residuos ubicados en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Huila, Meta, Nariño, Santander, Tolima y Valle del Cauca.

En la siguiente tabla se discriminan los municipios visitados, el operador y/o prestador del servicio de tratamiento de residuos y la autoridad ambiental competente en la jurisdicción. También se presentan las toneladas mensuales de residuos recibidas en cada sitio. De estos prestadores (33 visitados) el 85% están registrados ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el 15% no registrado corresponde a los municipios de Providencia, Gutiérrez, Suratá, Argelia y Villapinzón:

Plantas de Tratamiento Visitadas

Departamento	Residuos Recibidos (Ton/mes)	Municipio	Operador	Autoridad Ambiental
Antioquia	270,0	El Santuario	Empresas Públicas de El Santuario EEPP E.S.P	CORNARE
	294,0	Disposición de Viboral	La Cimarrona E.S.P.	CORNARE
	13222,0	Heliconia	Evas – Enviambientales S.A. E.S.P.	CORANTIOQUIA
Boyacá	60,0	Santa María	Oficina de Servicios Públicos de Santa María	COORCHIVOR
	350,9	Garagoa	Empresas Públicas de Garagoa – EPGA S.A. E.S.P.	CORPOPCHIVOR
Cundinamarca	112,0	Villapinzón	Oficina de Obras Públicas de Villapinzón	CAR
	38,0	El Colegio	Empucol E.S.P.	CAR
	700,0	Ubaté	Oficina de Servicios Públicos de Ubaté	CAR
	135,0	Chocontá	Oficina de Servicios Públicos de Chocontá	CAR
	40,0	Nocaima	Unidad Administradora de Servicios Públicos de Nocaima	CAR
	22,0	Fosca	Oficina de Servicios Públicos de Fosca	CORPORINOQUIA
	9,6	Quetame	Oficina de Servicios Públicos de Quetame	CORPORINOQUIA
	3,0	Gutiérrez	Oficina de Servicios Públicos de Gutiérrez	CORPORINOQUIA
	100,0	Fómeque	Oficina de Servicios Públicos de Fómeque	CORPOGUAVIO
	624,5	La Plata	Biorgánicos del Páez S.A. E.S.P.	CAM

Huila	1048,0	Garzón	Biorgánicos del Centro S.A. E.S.P.	CAM
	1500,0	Pitalito	Biorgánicos del Sur S.A. E.S.P.	CAM
	80,0	Santa María	Unidad de Servicios Públicos de Santa María	CAM
Meta	52,0	Castilla La Nueva	Oficina de Servicios Públicos de Castilla La Nueva	CORMACARENA
	1155,0	Acacías	Empresa de Servicios Públicos de Acacías – ESPA E.S.P.	CORMACARENA
Nariño	148,0	Pupiales	Emserp E.S.P.	CORPONARIÑO
	2,9	Providencia	Oficina de Servicios Públicos de Providencia	CORPONARIÑO
	9,8	Yacuanquer	Secretaría de Planeación de Yacuanquer	CORPONARIÑO
Santander	104,0	El Playón	Secretaría de Servicios Públicos de El Playón	CDMB
	24,0	Suratá	Unidad de Servicios Públicos de Suratá	CDMB
	30,0	Los Santos	Unidad de Servicios Públicos de Los Santos	CAS
Tolima	320,0	Cajamarca	Agua Viva E.S.P.	CORTOLIMA
	8810,0	Ibagué	Interaseo S.A. E.S.P.	CORTOLIMA
	40,0	Valle de San Juan	Espuvalle E.S.P.	CORTOLIMA
Valle del Cauca	383,0	Caicedonia	Empresas Públicas de Caicedonia E.P.C. E.S.P.	CVC
	36,7	Argelia	Secretaría de Planeación de Argelia	CVC
	250,0	La Victoria	Secretaría de Planeación de La Victoria	CVC
	52,0	Versalles	Cooperativa de Servicios Públicos de Versalles	CVC

Tabla 1. Plantas visitadas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). Fuente: diagnostico sectorial de las plantas de aprovechamiento de residuos sólidos. Correal Magda Carolina.

Del listado anterior, se excluyeron los sitios ubicados en los municipios de Argelia (Valle) y Los Santos (Santander) que a pesar que realizan reciclaje in situ lo hacen con todas las características de un botadero a cielo abierto y no constituyen una planta de aprovechamiento de residuos, situación identificada durante las visitas. Adicionalmente, se excluyó el municipio de Villa pinzón que cuenta con un relleno sanitario mal manejado debido principalmente a la disposición inadecuada de residuos de curtiembres.

Las plantas han sido construidas desde 1991 hasta la fecha, aunque la mayoría inició operaciones en el año 2002.

Las toneladas dispuestas en este tipo de sitios de disposición final corresponden al 6,5% del total de toneladas dispuestas en el país según información contenida en el informe sobre la disposición final antes y después de las Resolución 1390 de 2005 del MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

A la fecha (año 2006), se han cerrado plantas en el Valle del Cauca, en Tolima, en Cundinamarca, Santander, de acuerdo a lo reportado por las Autoridades Ambientales, sin contar con un número exacto, plantas con menos de 5 años de operación por falta de recursos financieros para la operación, por disposición de las Corporaciones debido a incumplimientos ambientales, factores políticos, baja

comercialización de materiales, falta de personal o manejo laboral informal, entre otros.

De los 33 sitios visitados, el 79% funciona exclusivamente para el municipio donde se ubican y sólo el 21% de los sitios es de carácter regional prestando a dos ó más municipios (Heliconia, Garagoa, Villapinzón, La Plata, Garzón, Pitalito, Acacías). En este último caso, los prestadores y municipios formalizan su relación contractual a través de convenios interadministrativos, sin una duración límite y pactando un precio fijo por tonelada tratada. La principal razón evidenciada por la cual no hay muchos proyectos de regionalización obedece a la renuencia de las administraciones municipales a aliarse con otras para hacer proyectos, principalmente por motivos políticos, a pesar de que se identifica la necesidad de recibir mayor cantidad de residuos con el fin de disminuir costos de operación y aumentar la viabilidad de la planta.

El 70% de los sitios son operados por entidades públicas. Se observó que las ESP privadas son las que manejan el mayor tonelaje de residuos al mes (mayor a 350Ton/mes) e igualmente son de carácter regional mientras que las que manejan menor tonelaje al mes son operadas directamente por los municipios.

Las plantas pequeñas operadas directamente por los municipios se caracterizan por manejar todas las actividades del servicio de aseo (recolección, transporte, barrido y limpieza), inclusive el servicio de acueducto y alcantarillado, mientras que eso no es un común denominador para las empresas privadas y regionales las cuales también tienen como usuarios no sólo a municipios prestadores directos sino a otras ESP (públicas y privadas) que realizan la recolección y el transporte.

A pesar de lo anterior, con el presente proyecto de investigación se busca investigar el potencial de aplicación del Tratamiento Mecánico Biológico como alternativa al tradicional sistema de disposición en relleno sanitario y botaderos a cielo abierto, elaborando los correspondientes estudios de factibilidad técnica económica y buscando la instauración de proyectos piloto en regiones colombianas en las que las condiciones generales así lo permitan.

2. Descripción de la región del proyecto

2.1 Ubicación Geográfica.

Los municipios pertenecientes al departamento del Valle del Cauca y que hacen parte del presente proyecto se indican en el mapa así:

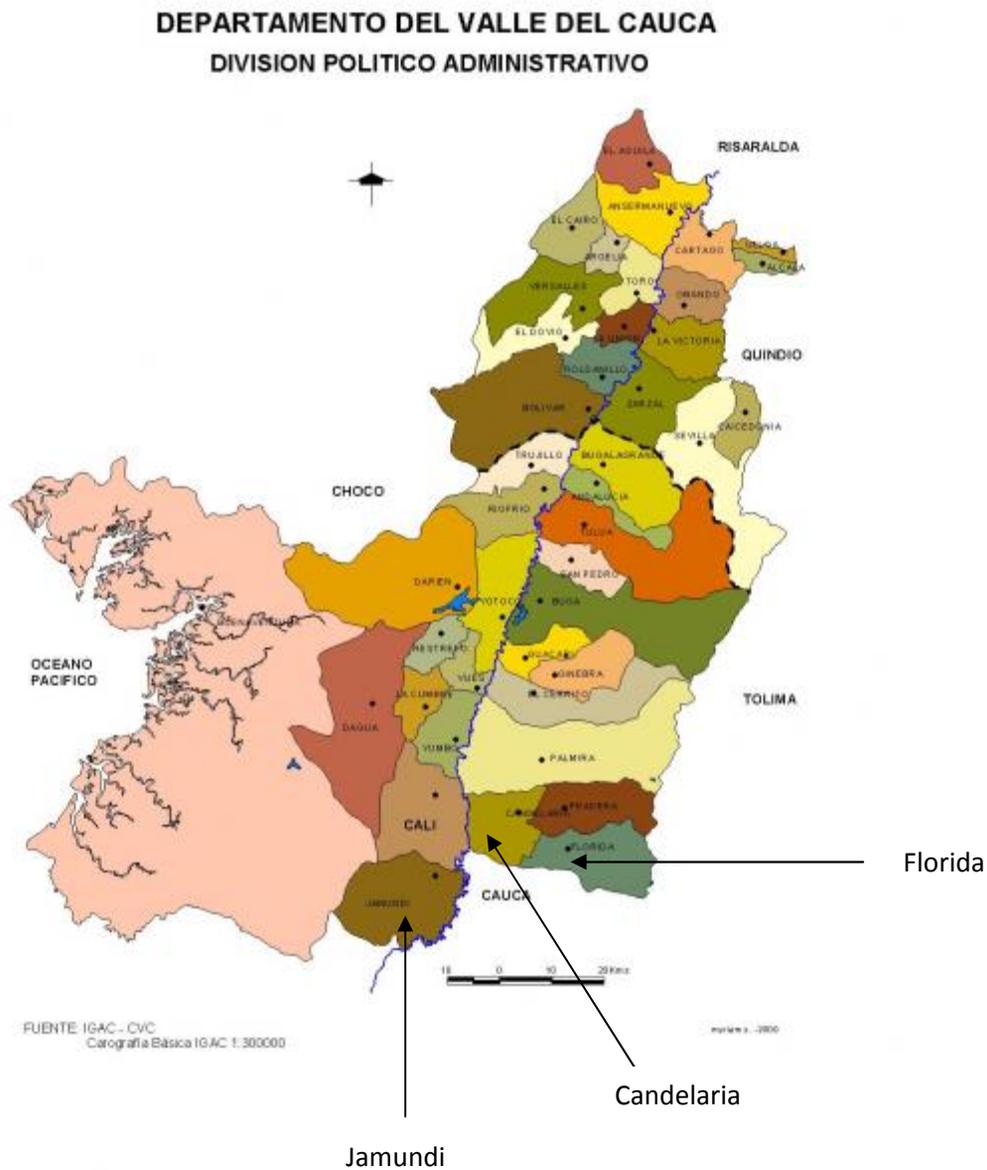


Figura 1. Ubicación municipios del Valle

Los municipios pertenecientes al departamento del Cauca y que hacen parte del presente proyecto se indican en el mapa así:

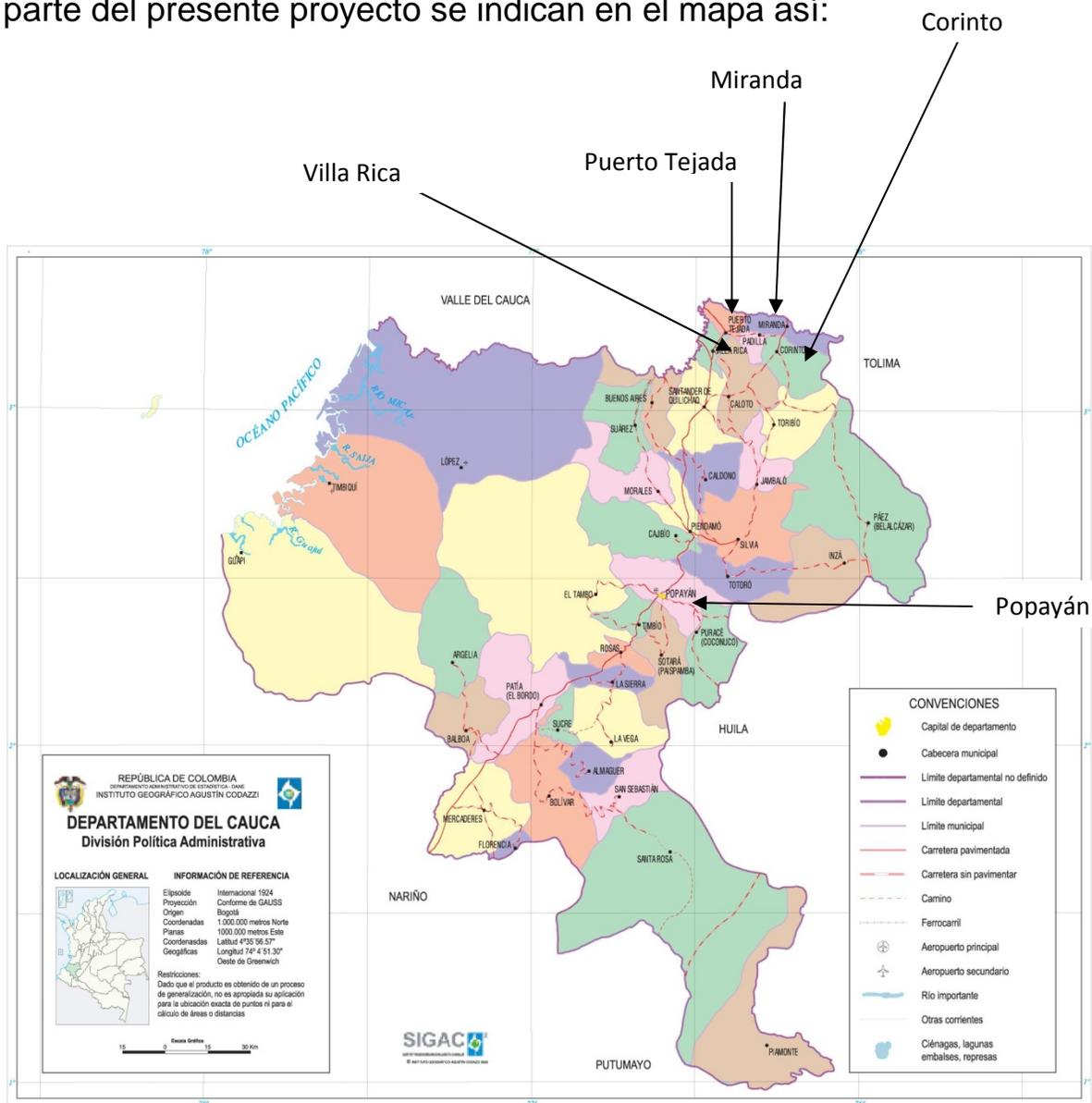


Figura 2. Ubicación municipios del Cauca

3. Formulación Del Problema

En el Departamentivo del Cauca, al igual que en muchas zonas del País existe un bajo nivel de educación ambiental y cultura ciudadana para la gestión integral de residuos sólidos, lo que ha derivado en la generación de altas cantidades de residuos sólidos (con un elevado contenido orgánico), nulas o deficientes actividades

de separación en la fuente, que han venido aumentando los costos por transporte, disposición final y tratamiento, lo mismo que ocasionando un importante impacto sobre el medio ambiente, la calidad en la prestación del servicio aseo y las finanzas públicas debido al deficiente manejo de los residuos sólidos.

4. Justificación

La composición física de los residuos sólidos urbanos en nuestro país está constituida en más del 60% por residuos orgánicos; es por esto que con el desarrollo del proyecto se pretende orientar a una eficiente gestión integral de residuos sólidos desde la presentación hasta la disposición final, de forma tal que generen una sostenibilidad ambiental a partir de una relación costo-beneficio óptimo. Mediante la recolección selectiva y el tratamiento para el aprovechamiento de residuos sólidos, se conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales, económicos y sociales generados, en especial, en los componentes de recolección, transporte y de disposición final, lo cual, de no aplicarse pondrían en riesgo la viabilidad económica y financiera de las empresas prestadoras del servicio público domiciliario de aseo y la salud pública en general.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general:

Gestionar una empresa especializada de servicios de aseo con un enfoque innovador en el tratamiento para el aprovechamiento de residuos sólidos provenientes de los municipios de la región norte del Cauca, Sur del Valle y el municipio de Popayán, capital del departamento del Cauca.

5.2 Objetivos específicos:

- Promover el desarrollo económico y social en la región, al tiempo que se generan beneficios económicos a los inversionistas y gestores del presente proyecto.
- Optimizar los recursos económicos destinados por los municipios de la región en el saneamiento básico.
- Promover en la región, la gestión integral de residuos sólidos a través de la educación ambiental y cultura ciudadana.

6 Marco Teórico Conceptual

Los sistemas de aprovechamiento han sido adoptados como la alternativa de manejo de residuos sólidos principalmente en municipios pequeños, es así como de los 33 sitios del país con sistemas de aprovechamiento, se encontró que el 84% son sistemas donde se tratan menos de 50 toneladas por día. Estos sistemas han sido construidos en su mayoría con recursos no reembolsables de los municipios y del Fondo Nacional de Regalías. La operación se encuentra a cargo en su mayoría de los municipios directamente o de empresas oficiales de carácter municipal o cuyos socios son los mismos municipios. Actualmente, en el país hay una producción diaria aproximada de 27.300 toneladas de residuos sólidos, de los 1102 municipios, existen 700 municipios disponiendo en forma inadecuada – Botaderos a cielo abierto y fuentes hídricas, según la superintendencia de servicios públicos domiciliarios, los sistemas de aprovechamiento (reciclaje y transformación) son inviables e insostenibles. De otro lado, tenemos que los recursos naturales son impactados negativamente sin procesos de recuperación.

Las personas prestadoras del servicio son ineficientes y sin el lleno de los requisitos de ley, no existen sitios para disponer residuos sólidos, en Colombia existen más de 5.000 familias viviendo del reciclaje y existe una política reglamentada y articulada.

7 Diseño Metodológico

El presente proyecto de gestión empresarial se pretende desarrollar en torno a algunos municipios del norte del Cauca (Miranda, Corinto, Villa Rica y Puerto Tejada) y su capital Popayán; y sur del Valle (Florida, Disposición y Candelaria), para lo cual se deberá acopiar información relevante sobre la cantidad de residuos sólidos generados en cada uno de ellos y en plazas de mercado, los sitios en que se lleva a cabo la disposición de los mismos, los costos asociados a la prestación del servicio, el operador del servicio, las actividades de gestión integral de residuos sólidos, los tipos de aprovechamiento que se desarrollan, etc. Para acopiar dicha información se utilizarán diferentes fuentes de información como: Superintendencia de servicios públicos, corporaciones ambientales (CAR´S), municipios, prestadores de servicios públicos entre otros.

Los instrumentos de análisis de la información acopiada, serán instrumentos para el análisis cuantitativo (herramientas estadísticas, financieras y gráficas).

8 Diagnóstico del servicio de aseo en el área de influencia del proyecto

8.1 Aspectos técnico operativos.

A continuación se describen los principales aspectos técnico operativos del sistema de aseo de los municipios del sur del departamento del Valle del Cauca (Candelaria, Florida y Jamundí) y municipios del norte del departamento del Cauca (Puerto Tejada, Miranda, Corinto y Villa Rica) y Popayán capital del departamento del Cauca, en los componentes de recolección y transporte, disposición final y aprovechamiento de residuos.

8.1.1 Recolección y transporte.

El servicio de recolección y transporte de residuos para cada uno de los municipios objeto del presente proyecto, es prestado según se relaciona en el siguiente cuadro:

Condición de prestación del servicio de aseo			
Municipio	Empresa prestadora	Vehículos destinados para la recolección	Toneladas/Año recolectadas y transportadas
Candelaria	Empresa Regional de Servicio Público de Aseo S.A – E.S.P	647 Compactadores 6 Volquetas	15.760
Disposición	Aseo Disposición S.A E.S.P	5 Compactadores 2 Volquetas	18.175
Florida	Floridaseo S.A E.S.P	4 Compactadores	10.151
Miranda	Municipio de Miranda	1 Compactador	2.880
Puerto Tejada	Asepuerto S.A E.S.P	2 Compactadores 1 Volqueta	9.895
Corinto	EMCORINTO E.S.P E.I.C.E	1 Compactador	1.850
Villa Rica	EMVILLARICA S.A E.S.P	1 Compactador	1.812
Popayán	GRUPO DE ASEO MUNICIPAL DE DISPOSICIÓN	36 COMPACTADORES	66.988

Tabla 2. Condición de prestación del servicio de aseo

Fuente: Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios SUI SSPD

8.1.2 Estación de Transferencia Palmaseca, Palmira, Valle del Cauca.

La estación de transferencia se encuentra ubicada en el corregimiento Palmaseca de la ciudad de Palmira Valle a 28 minutos y 21.1 km de distancia de la ciudad de Cali Valle, es operada por la empresa Interaseo del Valle S.A E.S.P y presta sus servicios al relleno sanitario Colomba – Guabal. El lote en que se encuentra ubicada la estación de transferencia tiene un tamaño de 50.000 metros cuadrados, la zona

construida es de 15.000, pues el resto del espacio sirve para protección y tiene un proceso de reforestación.

8.1.3 Relleno Sanitario Colomba – Guabal, Yotoco, Valle del Cauca.

Este relleno se encuentra a 32,5 kilómetros de la ciudad de Cali Valle del Cauca, partiendo desde Sameco, y en una zona montañosa y semidesértica, el cual puede manejar una recepción diaria de 2.500 toneladas de basuras. El predio Colomba-El Guabal, localizado en jurisdicción de Yotoco contempla en una primera fase el empleo de tres vasos en un lapso de 31 años (13 años para el primer vaso, 3 para el segundo y 15 para el tercero).

La población más cercana al relleno sanitario, que es Vijes, se encuentra localizada a nueve kilómetros.

Lista de cifras

31 años será la vida útil del relleno sanitario de Yotoco.

4.716.147 personas se beneficiarían del relleno.

4.000 hectáreas tiene el predio Colomba-El Guabal, de las cuales 356 serán el área útil del relleno.

44.0 toneladas de basura maneja al mes.

8.1.4 Relleno Sanitario Presidente, San Pedro, Valle del Cauca.

Este relleno se encuentra a 81,2 kilómetros de la ciudad de Cali Valle del Cauca, y en una zona montañosa y semidesértica, el cual puede manejar una recepción diaria de 577 toneladas de basuras. El predio Presidente, localizado en jurisdicción de San Pedro contempla en una primera fase el empleo de tres predios en un lapso de 42 años (13 años para el primer predio, 4 para el segundo y 25 para el tercero).

- 42 años será la vida útil del relleno sanitario de Presidente.
2.300.000 personas se beneficiarían del relleno.
77 hectáreas tiene el área útil del relleno.
- 17.000 toneladas de basura maneja al mes

8.2 Marco legal para la prestación del servicio de aseo

La ley 142 de 1994 contiene reglas generales aplicables a los servicios públicos domiciliarios, que para el servicio de aseo son desarrollados mediante decretos posteriores que fijan las pautas de calidad, continuidad y eficiencia que se deben tener en el servicio de aseo. De otra parte, realizando un recorrido por las diferentes normas que en el pasado regularon la prestación del servicio de aseo, nos permitirá concluir que tanto la legislación como la gestión de los residuos sólidos, son procesos eminentemente dinámicos.

8.2.1 Antecedentes normativos

8.2.1.1 Código de recursos naturales renovables

En su título III *“De los residuos, basuras, desechos y desperdicios”* consagraba algunas reglas especiales para el manejo de los residuos, basuras, desechos y desperdicios, con base en los mejores métodos que los avances de la ciencia y tecnología pusieran al servicio del hombre. Por otra parte, se buscaba incentivar la investigación científica para desarrollar nuevos métodos para el tratamiento, recolección, aprovechamiento y disposición final de las basuras que permitieran mitigar los impactos nocivos de estas actividades sobre el medio ambiente y el hombre.

8.2.1.2 Código sanitario nacional

En su título I estableció “los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.

8.2.1.3 Decreto 2104 de 1983

Por el cual se reglamenta parcialmente el Título III de la Parte IV del Libro I del Decreto – Ley 2811 de 1974 y los Títulos I y XI de la Ley 9 de 1979 en cuanto a residuos sólidos. Es un compendio de 224 artículos, a través de los cuales se regulo todos los componentes del servicio a partir de las dos modalidades básicas de prestación (servicio ordinario y especial).

8.2.1.4 Decreto 0196 de 1989

Por el cual se reglamentan los decretos-leyes 3069 de 1968 y 149 de 1976 y se establece una estructura nacional de tarifas para el servicio de aseo. Contiene en su artículo 2 una definición completa del servicio de aseo: *“Servicio que comprende las actividades de entrega, recolección, transporte, transferencia, tratamiento, disposición sanitaria y recuperación de desechos sólidos, así como el ornato, barrido y limpieza de vías y áreas públicas”*. En su artículo 4 establece las modalidades del servicio de aseo: Residencial y no residencial.

8.2.1.5 Decreto 056 de 1991 y 2338 de 1993

El decreto 056 de 1991 realizó una modificación al decreto 0196 de 1989, disponiendo que la junta nacional de tarifas de servicios públicos tendría a su cargo la función de determinar la tasa y periodicidad de la actualización de las tarifas del servicio de aseo y en casos especiales, autorizar ajustes puntuales para adecuar las tarifas a valores establecidos con fundamentos en los costos del servicio. El decreto 2338 de 1993 modificó el artículo 9 del decreto 0196 de 1989, estableciendo que los predios sin construir dentro del perímetro urbano tendrían una tarifa mensual por concepto de servicio de aseo según el estrato socioeconómico de las construcciones adyacentes o del estrato predominante en la zona donde se encuentre el predio.

8.2.1.6 Decreto 605 de 1996

Aun, cuando el decreto 605/96 conserva prácticamente las mismas actividades que componen el servicio incluidas en el decreto 2104/83, se les imprime un manejo más técnico a cada una de ellas, en la medida en que son definidas de forma detallada en el artículo 1.

De otra parte, comporta destacar la introducción de conceptos que son desarrollo directo de la Ley 142/94; así, comienzan a manejarse nociones como la de calidad y continuidad del servicio, economía de escalas, cultura de la no basura, separación en la fuente, entre otros. En este sentido, se categorizan los usuarios entre pequeños productores, es decir, aquellos usuarios no residenciales que generan residuos sólidos en volumen menor a un metro cúbico mensual, y grandes productores, que son aquellos usuarios no residenciales que

generan y presentan para su recolección residuos sólidos en volumen superior a un metro cúbico mensual.

8.2.2 Disposiciones legales actuales

En la actualidad, la prestación del servicio de aseo se encuentra regulada, como en el caso de los demás servicios públicos domiciliarios (acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural, y sus actividades complementarias), por la Ley 142 de 1994.

8.2.2.1 Ley 142 de 1994

Es la ley que regula la prestación del servicio público de aseo, entre otros servicios y lo define como: *“Es el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos. También se aplicará esta Ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos. (Art.14.24)”*.

Como puede apreciarse, la definición está dejando por fuera otros componentes del servicio sin los cuales no es posible garantizar la calidad y adecuada prestación del mismo; pero con esto no se quiere significar cosa distinta a que las restantes actividades que componen el servicio pueden ser prestadas por una persona distinta de quien realiza la recolección (actividad básica); se trata de crear mayores eficiencias derivadas de la especialización del prestador en una de tales actividades, por ejemplo, en la disposición final; a pesar de lo cual es importante aclarar que no existe impedimento legal alguno para que una sola empresa de servicios públicos domiciliario asuma de forma integrada toda la cadena de actividades del servicio de aseo.

8.2.2.2 Ley 632 de 2000

Esta disposición, modificatoria de las leyes 142 y 143 de 1994, amplió la definición del servicio público de aseo para incluir en ella las actividades complementarias de corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas, así como el lavado de estas áreas y la transferencia, tratamiento y aprovechamiento de los residuos que se produzcan por la ejecución de tal actividad.

Por otra parte, la Ley 632/2000 en su artículo 9 aborda el tema de los esquemas de prestación del servicio de aseo, y al respecto pregona un esquema de libre competencia y concurrencia de operadores para la prestación del servicio a los grandes generadores; al tiempo que incentiva a los municipios y distritos para asegurar la prestación del servicio a los usuarios residenciales y pequeños productores a partir del otorgamiento de áreas de servicios exclusivo.

8.2.2.3 Ley 689 de 2001

Continuando con la línea normativa trazada por la Ley 632 de 2000, al año siguiente la Ley 689 de 2001 nuevamente modificó la definición de servicio público de aseo contenida en el artículo 14.24 de la Ley 142/94, o mejor simplemente conservó o ratificó los cambios introducidos por la Ley 632/2000.

8.2.2.4 Resolución CRA 151 de 2001

La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico expidió el 23 de enero de 2001 la Resolución Integral de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, la cual consagra en su título IV las normas especiales para el servicio de aseo, y se ocupa especialmente de desarrollar los aspectos tarifarios del mismo, fija la metodología para el cálculo de las tarifas máximas o tarifas techos que se pueden cobrar por el servicio estándar según se trate de empresas prestadoras con más de 8 mil usuarios o menos de esa misma cantidad de usuarios. Igualmente, establece las fórmulas para el cálculo de los aportes solidarios al servicio (contribuciones y subsidios) y adopta el modelo de contrato de condiciones uniformes.

8.2.2.5 Decreto 891 de 2002

La dinámica normativa del servicio de aseo alcanzó un punto de impulso destacado a partir de la expedición del decreto 891 de 2002, proferido por el Ministerio de Desarrollo Económico, que se ocupó de reglamentar lo atinente a las previsiones del artículo 9 de la Ley 632 de 2000, concretamente, el tema de los requisitos y procedimientos para el otorgamiento de las áreas de servicio exclusivo por parte de los municipios y distritos para asegurar la prestación eficiente del servicio de aseo a todos sus habitantes. El decreto 891 de 2002 cumple un rol principal, en la medida en que definió de manera mucho

más precisa y técnica los alcances de los servicios ordinario y especial de aseo.

8.2.2.6 Decreto 1713 de 2002

Es el decreto “por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689/2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos”.

A partir de esta nueva reglamentación, que reemplaza la contenida en el decreto 605 de 1996, las condiciones técnicas de prestación del servicio pasan a ser complementadas e igualadas en su importancia, con el cuidado y observancia de los parámetros ambientales y sanitarios que lleva implícito el servicio de aseo bajo la novedosa concepción de una gestión integral de residuos sólidos. Igualmente, el decreto 1713 de 2002 introduce un completo glosario de definiciones a partir del cual se determinan los alcances de cada una de las actividades que componen el servicio de aseo, al tiempo que se toma el trabajo de consagrar de forma expresa algunos servicios que por su condiciones particulares deben pasar a ser categorizados como servicio especial de aseo.

El contenido normativo del decreto 1713 de 2002 dio lugar a que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico expidiera las resoluciones 233 y 236 de 2002 y la resolución 247 de 2003, a través de las cuales se establece una opción tarifaria para los multiusuarios del servicio de aseo, se consagra la manera de efectuar el cobro del servicio ordinario de aseo para los inmuebles desocupados, se fija la metodología para la realización de aforos a multiusuarios y se modifica la resolución 233 de 2002 en relación con los requisitos que debe cumplir el usuario agrupado para acceder a la opción tarifaria multiusuarios.

Dentro del nuevo esquema de prestación del servicio de aseo emerge como un principio rector u orientador del mismo, la gestión integral de los residuos sólidos, definida por el decreto 1713 de 2002 (Art.1) del siguiente modo:

Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de

vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

A partir de la definición anterior se ha querido ligar de manera inescindible el servicio de aseo con el tema medio ambiental, de tal forma que la ejecución del servicio público ordinario de aseo, o de cualquiera de sus actividades complementarias o del servicio especial de aseo, deberá consultar y preservar las condiciones ambientales del entorno natural en el cual se desarrolla. La gestión integral de residuos propende a rescatar el valor económico de las basuras a través de actividades de aprovechamiento, reutilización y comercialización de los residuos sólidos.

Se trata, por una parte, de disminuir la cantidad de residuos sólidos que son finalmente dispuestos y mitigar los impactos ambientales que la disposición final produce, a partir de una reducción de los volúmenes de residuos que son tratados en los rellenos sanitarios con base en un esquema de manejo económicamente productivo de los mismos a través de actividades de separación en la fuente, tratamiento y aprovechamiento, entendida esta última, en los términos del artículo 1 del Decreto 1713 de 2002, como:

El proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.

8.2.2.7 Resolución 351 de 2005

Por la cual se establecen los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo y la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo de residuos ordinarios y se dictan otras disposiciones.

8.2.2.8 Resolución 352 de 2005

Por la cual se definen los parámetros para la estimación del consumo en el marco de la prestación del servicio público domiciliario de aseo y se dictan otras disposiciones.

8.2.2.9 Otras normas

Ley 286 de 1996: por la cual se modifican parcialmente las leyes 142 y 143 de 1994.

Ley 505 de 1999: por medio de la cual se fijan términos y competencias para la realización, adopción y aplicación de la estratificación a que se refieren las leyes 142 y 177 de 1994, 188 de 1995 y 383 de 1997 y los decretos presidenciales 1538 y 2034 de 1996.

Ley 732 de 2002: Por medio de la cual se establecen nuevos plazos para realizar, adoptar y aplicar las estratificaciones socioeconómicas urbanas y rurales en el territorio nacional y se precisan los mecanismos de ejecución, control y atención de reclamos por el estrato asignado.

Decreto 1538 de 1996: Por el cual se reglamenta el Título VI, Capítulo IV de la Ley 142 de 1994 y el Artículo 34 de la Ley 188 de 1995 sobre estratificación socioeconómica. (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD, 2006)

8.3 Modelos de organización para la gestión de residuos sólidos.

De los ocho municipios involucrados, cada uno de ellos tiene una forma particular de organización para llevar a cabo la prestación del servicio de aseo, teniéndose dos modelos principales que corresponden al grado de complejidad de la administración que presentan.

Para los municipios más grandes, la administración y operación del servicio de aseo está a cargo de una empresa de servicios públicos de carácter privado con participación minoritaria de recursos del estado.

En el caso de los municipios más pequeños, esta prestación recae sobre algún funcionario de la administración municipal, caso en el cual este funcionario tiene a su cargo de forma directa al personal operativo: barrenderos, choferes de recolección y ayudantes, en estos municipios, la asignación de recursos financieros queda bajo la Tesorería municipal o se ha establecido una empresa de servicios públicos de carácter oficial, donde el municipio posee el 100% del manejo administrativo y financiero en cabeza de un gerente. A este tipo de estructura organizacional pertenecen los municipios de Puerto Tejada, Corinto, Miranda y Villa Rica.

8.4 El sector informal de residuos sólidos municipales

En las distintas etapas del manejo de los residuos sólidos municipales, se encuentran personas que sin pertenecer a las instituciones gestoras de los residuos, participan activamente en la gestión de los mismos en condiciones informales de actuación.

Estos grupos de personas son consideradas miembros del sector informal de la economía, y su estudio por investigadores en el mundo, demuestra la existencia de potencialidades intrínsecas para emprender cualquier tipo de actividad económica al margen de la institucionalidad.

La participación del sector informal en el manejo de los residuos sólidos municipales prácticamente está presente en todos los países en desarrollo, predominantemente en las zonas urbanas, cuando existe un mercado para la venta de los subproductos seleccionados. (Téllez, 2007)

Un reciente estudio realizado por la Universidad de Antioquia, cita: “los recicladores informales son poblaciones con muy bajo desarrollo y reflejan la condición de exclusión social, configurando dentro de la ciudad de Medellín un subgrupo poblacional con características propias de uno de la primera mitad del siglo XX, presentan altas tasas de fecundidad, mortalidad y morbilidad.

El oficio principal que ejerce esta población es el de la recuperación de materiales de diversas fuentes (domicilios, pequeñas empresas, canecas y bolsas de basuras presentadas para la recolección, etc.), sin adicionar mayor valor agregado al producto, pues solo recogen, clasifican, en ocasiones limpian, pero poco transforman el material objeto de su “sustento”. Por ello, la denominación que mejor describe su trabajo es la de recuperadores. En este sentido se evidencia un problema inherente al proceso productivo, pero también de tipo cultural, que demanda agresivos programas de capacitación enfocados, en principio, a los recicladores organizados.

Casi todos los recicladores utilizan como instrumento de trabajo la carretilla o carreta para la recolección de los materiales recuperados. Este instrumento de transporte es bastante rudimentario y se convierte en un elemento limitante del proceso de trabajo en términos de productividad, en un factor generador de desgaste biológico y de exposición a riesgos ergonómicos; estos tres escenarios, dependientes del instrumento de trabajo, influyen además en las condiciones de salud del reciclador. El acceso a este instrumento, marca una gran diferencia con respecto a aquellos recuperadores que ni siquiera pueden acceder a él; en este sentido, la carretilla es de propiedad del reciclador en el 40%, ello aunque los exonera de pagar un arriendo, no los exime de pagar alrededor de \$1.000 por parquearla en el “guardadero”; un 58% la deben arrendar en estos mismos lugares a un precio entre \$2.000 y \$2.200; y unos pocos la adquieren en calidad de préstamo con sus amigos. (Palacio, 2005).

9. Análisis del mercado

Para realizar el análisis del mercado de la Región en estudio, se analizará información de los últimos años que comprende, entre otras la variación poblacional, el número de toneladas de residuos sólidos generadas y dispuestas en rellenos sanitarios, la caracterización de los residuos sólidos, las actividades de aprovechamiento de residuos sólidos, las distancias hasta los sitios de disposición final y los costos del servicio de disposición final.

9.1 Variación poblacional de los municipios

En el análisis de población de los municipios de la región, se hará una comparación de la cantidad total de habitantes existentes en las poblaciones diferentes a la ciudad de Popayán, toda vez que la ciudad de Popayán concentra cerca de la mitad de la población total de la región bajo estudio. La tabla siguiente muestra la variación poblacional de los municipios de la región objeto de estudio en los últimos cinco años:

Municipio	AÑO				
	2008	2009	2010	2011	2012
Popayán	261.803	263.707	265.702	267.946	270.307
Puerto Tejada	44.691	44.804	44.934	45.091	45.241
Miranda	34.978	35.604	36.237	36.901	37.592
Corinto	29.267	29.608	29.956	30.319	30.705
Villa Rica	14.853	15.032	15.215	15.413	15.604
Florida	56.648	56.848	57.064	57.264	57.480
Jamundí	103.337	105.510	107.730	110.000	112.313
Candelaria	73.546	74.650	75.772	76.933	78.096
Totales	584.180	625.763	632.610	639.867	647.338
% Popayán	0,4481547	0,42141673	0,42000917	0,41875265	0,41756702

Tabla 3. Variación poblacional de los municipios en estudio.

Fuente: CENSO DANE 2005

Esta tabla nos permite visualizar que existen concentraciones de población casi equivalentes entre el total de las microrregiones del norte del Cauca y sur del valle en comparación con la ciudad de Popayán, que se encuentra distante de los otros centros poblados, una distancia promedio de 110 kilómetros y un tiempo aproximado de tres horas. Del total de la población, el 42.5% en promedio hace parte de la ciudad de Popayán y el 57.5% restante se distribuye en los siete (07) municipios restantes.

9.2 Residuos sólidos generados por año.

La cantidad de residuos sólidos generados en la región la podemos estudiar desde dos enfoques de acuerdo a la ubicación geográfica de las poblaciones objeto del proyecto de investigación así:

- Región centro oriente del departamento del Cauca, con énfasis en la ciudad de Popayán, capital del departamento del Cauca (microrregión 1).

- La microrregión 2, del norte del Cauca y sur del Valle, compuesta por los demás municipios (Florida, Candelaria, Jamundí, Puerto Tejada, Corinto, Miranda y Villa Rica).

En la siguiente tabla se detallan las cantidades de residuos generadas por cada municipio y el subtotal por región:

MUNICIPIO	TONELADAS/AÑO
Popayán	66.988
Jamundí	18.175
Candelaria	15.093
Florida	10.425
Miranda	2880
Puerto tejada	9.895
Corinto	1.850
Villa rica	1.812
Total	142.211
% Popayán	47%

Tabla 4. Generación anual de RS
Fuente: Sistema Único de Información (SUI)

Del total de residuos generados, aproximadamente el 47% corresponden a la ciudad de Popayán, situación está que no es proporcional al porcentaje promedio de población existente, lo que se puede explicar mediante alguna de las siguientes consideraciones:

- En la ciudad de Popayán existe población menos dispersa.
- Los municipios de la microrregión 2 como lo son Miranda, Corinto, Florida y Puerto Tejada, tienen un porcentaje importante de población rural, sector geográfico de los municipios que no alcanza a ser atendida con la prestación del servicio de aseo debido a la dificultad para acceder a las zonas rurales.

9.3 Distancia y tiempo estimado al sitio de disposición final

La disposición final de los residuos sólidos se efectúa en los rellenos sanitarios: Colomba – Guabal de la Ciudad de Yotoco Valle. Este sitio de disposición o relleno sanitario, es utilizado por todos los municipios, a excepción de Puerto Tejada Cauca, que dispone en un sitio denominado “El cortijo” (botadero a cielo abierto), ubicado a cuatro (04) kilómetros del casco urbano, sobre la vía panamericana que comunica con el municipio de Candelaria Valle, la ciudad de Popayán

y el municipio de Miranda Cauca, que transportan sus residuos a la estación de transferencia que sirve al relleno sanitario Colomba – Guabal y que se encuentra ubicada en jurisdicción del municipio de Palmira Valle. En la siguiente tabla se relacionan los kilómetros que deben recorrer los vehículos de recolección de cada municipio y el tiempo estimado en llegar a cada sitio (Relleno sanitario – Estación de Transferencia) de disposición final.

Municipio	Sitio de Disposición Final	Distancia (km)	Tiempo por trayecto
Popayán*	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	165	3h, 48 minutos
Candelaria	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	71,2	1h 17 minutos
Jamundí	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	80,1	1h, 25 minutos
Florida	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	89,2	1h, 52 minutos
Miranda	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	67,7	1h, 23 minutos
Puerto tejada	“El cortijo”, Botadero a cielo abierto	4	13 minutos
Corinto	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	108	2h, 17 minutos
Villa rica	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	91,6	1h, 34 minutos

Tabla 5. Tiempo y distancia al sitio de Disposición final de RS
Fuente: Googlemaps

Como hemos visto hasta aquí, la ciudad o municipio que mayor cantidad de residuos sólidos genera, es la ciudad de Popayán, que a su vez es la que más distancia debe recorrer y mayor tiempo emplea para disponer sus residuos sólidos, lo que presume un elevado costo relacionado con el transporte y costos de disposición en la estación de transferencia.

9.4 Costos del servicio de disposición final

Conforme a lo planteado en el resumen ejecutivo de este proyecto, y más allá de los costos por tonelada dispuesta en los rellenos sanitarios de la región, que son razonablemente bajos en comparación con el costo por tonelada en otros rellenos sanitarios del país, se podría considerar que para la mayoría de municipios de la región los costos de transporte, costos por el bajo nivel de servicio y costos por mantenimiento de vehículos y la correspondiente disminución de la vida útil de los mismos, sobrepasan en gran medida los costos por tonelada dispuesta en los anteriormente mencionados rellenos.

Los problemas más críticos a considerar son:

- Los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Municipales en la región de estudio, se encuentran muy distantes de los centros poblados.
- No existe control sobre recicladores.
- En el caso del municipio de Puerto Tejada, se está realizando disposición de residuos sólidos a cielo abierto.
- Se presenta un bajo nivel de servicio y elevados tiempos de transporte al sitio de disposición final.

En la tabla siguiente, se relacionan los costos totales anuales por disposición en los diferentes sitios en que se reciben residuos sólidos.

COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN (PESOS)				
Municipio	Sitio de Disposición Final	Toneladas /año	Costo disposición /Tonelada	Total Costo disposición
Popayán*	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	66988	66279	\$ 4.439.897.652,00
Jamundí	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	18175	21246	\$ 386.146.050,00
Candelaria	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	15093	21246	\$ 320.665.878,00
Florida	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	10425	21246	\$ 221.489.550,00
Miranda	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	2880	66279	\$ 190.883.520,00
Puerto tejada*	“El cortijo”, Botadero a cielo abierto	9895	6064	\$ 60.003.280,00
Corinto	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	1850	21246	\$ 39.305.100,00
Villa rica	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	1812	21246	\$ 38.497.752,00
COSTO TOTAL DE DISPOSICIÓN				\$ 5.696.888.782,00
% Popayán*				78%
% RESTO				22%

Tabla 6. Costo anual de disposición de RS (en pesos).

Fuente: Sistema Único de Información (SUI)

*El costo establecido para Popayán es una proyección, toda vez que solo a partir del año 2013 ha iniciado su disposición de RS en un nuevo sitio, esto por disposición de la autoridad ambiental CRC (Corporación Autónoma Regional del Cauca).

*El sitio de disposición “El cortijo”, es un botadero a cielo abierto.

** No se dispone de información acerca de los costos de disposición por tonelada.

COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN (EUROS)				
Municipio	Sitio de Disposición Final	Toneladas /año	Costo disposición /Tonelada	Total Costo disposición
Popayán*	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	66988	\$26.5	\$1.775.182,00
Jamundí	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	18175	\$8.5	\$154.487,50
Candelaria	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	15093	\$8.5	\$128.290,50
Florida	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	10425	\$8.5	\$88.612,50
Miranda	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	2880	\$26.5	\$76.320,00
Puerto tejada	“El cortijo”, Botadero a cielo abierto	9895	\$2.56	\$25.330,20
Corinto	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	1850	\$8.5	\$15.725,00
Villa rica	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	1812	\$8.5	\$15.402,00
COSTO TOTAL DE DISPOSICIÓN				\$2.279.350,70
% Popayán*				78%
% RESTO				22%

Tabla 7. Costo anual de disposición de RS (en Euros 2013).

*El costo establecido para Popayán es una proyección, toda vez que solo a partir del año 2013 ha iniciado su disposición de RS en un nuevo sitio, esto por disposición de la autoridad ambiental CRC (Corporación Autónoma Regional del Cauca).

Precio del Euro: \$2366/Euro

Como se observa en las tablas anteriores, el mayor porcentaje de costo es pagado por la ciudad de Popayán, debido a que su disposición de RS es realizada en la Estación de transferencia “Palmaseca”, de Palmira Valle para disminuir los costos y tiempo de transporte, pero esto trae como consecuencia un mayor costo de disposición de residuos sólidos.

En relación con el municipio de Puerto Tejada y teniendo en cuenta que se encuentra llevando a cabo su disposición de residuos sólidos en un botadero a cielo abierto, se ha tomado como referencia los costos asociados al mantenimiento anual del sitio, información aportada por la empresa del servicio de aseo que administra el sitio de disposición final.

9.5 Actividades de aprovechamiento y caracterización de residuos sólidos en la región.

El aprovechamiento de residuos sólidos municipales (RSM) tiene cada día mayor aceptación en Colombia. Dos hechos evidencian esta situación: su inclusión en los planes de gestión integral de residuos sólidos de numerosos municipios y el incremento en el número de plantas de manejo de residuos sólidos (PMRS) que se han construido. De ahí que el análisis de las experiencias existentes y la investigación y desarrollo alrededor del tema son indispensables para avanzar en este campo. Por esta razón se ha tomado como referencia un estudio sobre el *“análisis del funcionamiento de plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del Valle del Cauca, Colombia”*, desarrollado por la Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA).

En este artículo se analiza el funcionamiento de cinco PMRS de cabeceras municipales del norte del Valle del Cauca, en las cuales se encontró que, aunque presenten deficiencias en su operación, aspectos como la existencia de mercado para sus productos, las posibilidades de generación de empleo y los costos evitados al no tener que enviar residuos a rellenos sanitarios regionales justifican su continuidad. Como elementos clave para fortalecer el funcionamiento de las PMRS, se identificaron la sensibilización continua de los usuarios del servicio de aseo, la adaptación de las tecnologías al contexto, el fortalecimiento de la gestión administrativa y el mayor impulso al aprovechamiento en el marco político nacional.

En Colombia, la Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos (Minambiente, 1998), al jerarquizar las estrategias para su gestión, consideró el aprovechamiento y la valorización como la base para el manejo de los residuos generados; la composición de los residuos sólidos municipales (RSM) del país es uno de los soportes fundamentales de este concepto. Tal como lo reporta el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT y EPAM, 2008), el contenido de materiales potencialmente aprovechables en los RSM alcanza proporciones significativas (65 % de materia orgánica, 5 % de papel y cartón, 14 % de plásticos, 4 % de vidrio y 1 % de metales).

La gestión de los RSM ha venido evolucionando, incorporándose opciones de aprovechamiento a los componentes que incluía por

tradición (recolección, transporte y disposición final). Entre las alternativas para el impulso del aprovechamiento, se incluye la implementación de esquemas centralizados, como las plantas de manejo de residuos sólidos (PMRS). La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD, 2008^a) reporta que, durante el período 2006-2008, el país pasó de tener 34 a 59 PMRS, y los municipios servidos aumentaron de 68 a 98. En el año 2008, la SSPD (2008b) mostró que las poblaciones menores de 20.000 habitantes eran las que adoptaban con mayor frecuencia el aprovechamiento de residuos por medio de PMRS.

A pesar de la creciente aplicación de las PMRS en el país, los resultados no han sido favorables. Al respecto, la Procuraduría (2003) señaló que: *“se hace un uso indiscriminado y poco cuidadoso de tecnologías que ponen en riesgo la salud pública. Proliferan las Plantas de Tratamiento Industrial de Basuras, sin separación previa en la fuente, de modo que el bioabono producido puede traer carga contaminante, incluso proveniente de residuos peligrosos que son utilizados en cultivos para consumo humano”*.

El MAVDT (2006) concluyó que los sistemas de aprovechamiento no habían sido eficientes y que en varios casos la infraestructura había sido instalada pero no usada.

Las situaciones anteriores pueden relacionarse con el hecho de que el aprovechamiento de RSM es una opción de aplicación reciente en el país y que su implantación no fue soportada con experiencias de investigación que propicien la adaptación de la tecnología a las condiciones locales. No obstante, el MAVDT (2009) indicaba que, en los 471 municipios colombianos que completaron sus planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), se identificaron 1.243 proyectos relacionados con la recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos, de los cuales 1.144 son de carácter local y el restante regional, ratificando la aceptación que tiene esta opción; por lo tanto, para el país es prioritario el análisis de las experiencias existentes y la investigación y desarrollo alrededor del tema.

El estudio realizado por la Escuela de Ingeniería de Antioquia estableció una metodología para describir las PMRS y analizar su funcionamiento, allí se evaluaron: niveles de separación en la fuente,

tipo de recolección de los RSM, técnicas para la separación de residuos, tecnologías para manejo de biorresiduos, tecnología para recuperación de materiales reciclables. En cada uno de estos componentes se analizaron aspectos relacionados con la operación, mantenimiento, control y seguimiento. La siguiente tabla presenta los aspectos evaluados y las formas de evaluación.

La información obtenida fue discutida y complementada en tres talleres en los que participaron representantes de las cinco PMRS, aplicando la técnica de la lluvia de ideas (Palomo, 2000); en el taller final se identificaron tanto los puntos críticos como los elementos clave para impulsar el funcionamiento de las PMRS.

Aspectos evaluados y método de evaluación de las PMRS

Componente	Aspecto evaluado	Método
Materia prima	Cantidades y composición física	Revisión de estudios de muestreo y caracterización
	Procedencia y condiciones de llegada a la PMRS	Aplicación de encuestas o talleres participativos sobre prácticas de manejo de los RSM Seguimiento <i>in situ</i> de la presentación, recolección y transporte de los RS Taller con operarios de la recolección y transporte Seguimiento <i>in situ</i> de la recepción de materiales en la PMRS
Procesos	Tecnologías usadas	Observación <i>in situ</i> de tecnologías usadas para el aprovechamiento de biorresiduos y de reciclables
	Condiciones de operación y mantenimiento	Seguimiento <i>in situ</i> de la operación y del mantenimiento de las tecnologías Entrevistas a personal relacionado con la puesta en marcha, operación y mantenimiento de las tecnologías
	Identificación de esquemas de seguimiento	Observación <i>in situ</i> de los esquemas de seguimiento y control de los procesos
Productos	Determinación de la calidad de los productos y sus mercados potenciales	Observación <i>in situ</i> de las condiciones de almacenamiento y conservación de productos Entrevistas a personal administrativo de las PMRS
	Identificación de esquemas de seguimiento y control de calidad del producto	Observación <i>in situ</i> de esquemas de control de calidad de productos Entrevistas con los operadores de las PMRS

Tabla 8. Aspectos evaluados y método de evaluación de las PMRS

Fuente: análisis del funcionamiento de plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del Valle del Cauca, Colombia”, desarrollado por la Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA).

La siguiente tabla presenta información general de las cabeceras municipales del norte del Valle del Cauca que cuentan con PMRS. La

vocación agrícola y pecuaria de las localidades genera un mercado potencial para los productos del aprovechamiento de los biorresiduos (residuos de comida y jardín), y su ubicación e infraestructura vial local y regional facilitan la comercialización de los materiales reciclables.

Las PMRS han orientado su funcionamiento hacia el aprovechamiento de la mayor cantidad posible de residuos y la disposición final de aquellos materiales que por sus características físicas, químicas o biológicas no tienen posibilidad de ser aprovechados o no existen opciones para su transformación o mercadeo en el entorno (Marmolejo et al., 2009). La operación y mantenimiento de los sistemas generalmente está a cargo de actores locales que, en la mayoría de los casos, no han sido capacitados. Dentro de las PMRS se distinguen tres áreas:

- Área de recepción y separación de materiales, cuyo objeto es la recepción de los RSM recogidos por el servicio de aseo municipal, los cuales se suelen separar en biorresiduos, reciclables y no aprovechables (rechazo).
- Área de proceso y almacenamiento de materiales, que incluye el proceso de biorresiduos y de reciclables.
- Área de disposición final, por lo general, denominada micro relleno, que se proyecta para recibir cantidades reducidas de residuos, esperando que sus características favorezcan la reducción significativa de subproductos como lixiviados y gases efecto invernadero (GEI).

9.5.1 Funcionamiento de las PMRS

9.5.1.1 Materias primas

Las PMRS pueden asimilarse a unidades productivas cuyas materias primas son los residuos sólidos que se procesan, por tanto, el conocimiento de las cantidades y características de estos residuos es uno de los elementos fundamentales para entender y orientar su funcionamiento. En la tabla se presenta información sobre la producción per cápita (PPC) y composición porcentual de los residuos generados en las poblaciones objeto del estudio realizado por la EIA, observándose un predominio marcado de biorresiduos y de materiales como papel, cartón, plástico, vidrio y metales, que en su conjunto alcanzan proporciones entre 81,9% y 88,2%, lo que

muestra que la generación de materiales aprovechables es significativa.

Información general de las localidades del Valle del Cauca con PMRS

Localidad	Población Urbana ¹	Actividades económicas	Año de construcción de la PMRS
Alcalá	9.106	Agricultura, ganadería y comercio	2007
Bolívar	3.621	Agricultura	2001
El Dovio	5.175	Agricultura	2006
La Victoria	9.625	Ganadería, Agricultura	2005
Versalles	3.831	Agricultura, ganadería	1999

Tabla 9. Información general de las localidades del Valle del Cauca con PMRS
Fuente: 1DANE (2008); 2Gobernación del Valle (2009)

PPC y composición porcentual de los residuos generados en las poblaciones objeto de estudio

Localidad	PPC kg/(hab.día)	Material (% en peso)								
		Comida y jardín	Papel	Cartón	Vidrio	Higiénicos	Plástico	Metal	Textiles	Otros
Alcalá ¹	0,35	62,8	4,0	5,7	3,5	7,1	11,3	0,9	2,3	2,5
Bolívar ²	0,31	51,3	9,7	2,8	3,9	4,4	16,9	1,4	3,0	6,5
El Dovio ³	0,49	51,4	3,0	9,6	5,3	7,3	12,0	0,3	3,6	8,9
La Victoria ⁴	0,43	70,4	3,5	1,2	1,2	8,3	7,1	0,9	2,8	4,3
Versalles ⁵	0,25	65,5	3,2	1,4	2,0	9,0	8,7	1,1	3,2	5,9

Tabla 10. PPC y composición porcentual de los residuos generados en las poblaciones del Valle del Cauca con PMRS

Fuentes: ¹CVC y Suna Hisca (2006); ²CVC y Pacífico Verde (2008); ³CVC, Alcaldía de El Dovio y Suna Hisca, (2004); ⁴ Amézquita y Bedoya (2009); ⁵Marmolejo *et al.* (2010).

Aunque el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento –RAS 2000– (Mindesarrollo, 2000) establece que la caracterización de los residuos debe llevarse a cabo al menos cada dos años, ninguno de los sistemas cumple con este requisito, lo cual coincide con lo planteado por Hristovski et al. (2007) y puede atribuirse a la complejidad de los métodos empleados y además a la limitación de recursos técnicos y financieros para la obtención de esta información.

Las condiciones en que llegan las materias primas a las PMRS están relacionadas con prácticas del usuario, como la separación en la fuente y la presentación oportuna, y del prestador del servicio, como la recolección selectiva (Marmolejo et al., 2010). Aunque durante la puesta en marcha de la PMRS, en todas las localidades se desarrollaron actividades de sensibilización para estimular la separación en la fuente, su aplicación sólo ha permanecido en El Dovio y Versailles, donde se ha dado continuidad y diversificación en estas actividades y donde las organizaciones de base comunitaria han participado en forma activa (Marmolejo, 2011). De otro lado, los biorresiduos recogidos contienen cantidades significativas de plásticos (sobre todo los provenientes de la preparación de alimentos) y hay disparidad de criterios sobre el lugar para la separación de los residuos higiénicos y los de tipo peligroso. La recolección selectiva viene aplicándose en tiempos recientes en Alcalá, El Dovio y Versailles; en las dos primeras localidades se tienen jornadas diferentes para la recolección de los biorresiduos y de los reciclables y otros; esta opción tiene como limitantes el incremento en los costos de prestación de servicio y la presentación por parte de los usuarios de fracciones de residuos que no corresponden con las programadas. En Versailles el vehículo de recolección fue dividido en dos compartimientos (uno para biorresiduos y otro para los reciclables y otros); con la implantación de esta práctica se incrementó el número de usuarios que presentan los residuos separados, se redujo en unas seis horas el tiempo de acondicionamiento de materias primas en la PMRS y se disminuyó el contenido de impropios de los sustratos del compostaje.

9.5.1.2 Procesos

La tabla anexa presenta las tecnologías empleadas para la separación de residuos y el aprovechamiento de biorresiduos y de materiales reciclables en las PMRS objeto del estudio de la EIA. La conformación de las PMRS estudiadas es muy similar a la planteada por la SSPD (2008b) para la mayoría de las PMRS del país.

La separación manual de residuos en el suelo, en mesas de separación y en rampas (plataformas) aumenta el riesgo ergonómico para los operarios, facilita la acumulación y deterioro de la calidad de los materiales y resulta muy inefectiva.

Tecnologías utilizadas para la separación de residuos, aprovechamiento de biorresiduos

y de materiales reciclables en las PMRS

Localidad	Infraestructura/Lugar separación de materiales	Tecnologías de aprovechamiento			
		Biorresiduos		Reciclables	
		Trituración	Proceso	Papel	Plástico
Alcalá	R	Me	Co-LC	CM, E	CM, E
Bolívar	PC	Ma	Co	CM, E	CM, E
El Dovio	R	Me	Co	CM, E	CM, C, E
La Victoria	R	Me	Co	CM, E	CM, C, E
Versalles	R	Ma	Co	CM, E	CM, E

Tabla 11. Tecnologías utilizadas para la separación de residuos, aprovechamiento de biorresiduos y de materiales reciclables en las PMRS

Convenciones: Rampa (R), Pisos y contenedores (PC), Mecánica (Me), Manual (Ma); Compostaje (Co), Lombricompostaje (LC); Clasificación manual (CM), Embalaje (E), Compactación (C).

La SSPD (2008b) identificó que la mayor eficiencia en la separación de los RSM se encuentra en PMRS que emplean bandas transportadoras; sin embargo, presentan costos significativos de inversión, operación y mantenimiento. Las condiciones operativas en la recepción de los RSM y el alto grado de mezcla de estos residuos incrementan los tiempos de separación y clasificación de los materiales, incidiendo en el flujo de residuos dentro de la planta y, por consiguiente, afectando el funcionamiento de todo el sistema.

Respecto del aprovechamiento de biorresiduos, existen limitaciones para su trituración mecánica, debido a la variabilidad de sus características físicas (tamaño, forma, dureza) y mezcla con otros residuos, lo cual ha facilitado la falla y deterioro de los equipos de trituración. La constante con estos equipos ha sido el abandono por deterioro o la omisión de su uso por la carencia de servicio de energía eléctrica o por su costo.

En cuanto a los procesos de transformación, las opciones más aplicadas son el compostaje o lombricompostaje, sin que se observe claridad sobre los procesos de selección de la tecnología y de diseño de las opciones adoptadas. El compostaje fue proyectado con sistemas abiertos de pilas o hileras y con aireación pasiva. En las PMRS no se desarrollan actividades de control y seguimiento de variables como pH, temperatura, humedad y rendimiento del proceso y tampoco se tienen equipos para llevarlos a cabo, generando situaciones como la falta de volteo, el déficit o exceso de humedad y la estabilización incompleta de la materia orgánica; las cantidades producidas suelen ser del orden de 30% a 40% de los biorresiduos

sometidos a proceso. Aspectos como el contenido significativo de impropios y la resistencia al uso del producto por parte de los agricultores (debido al origen de los sustratos) hacen que los porcentajes de comercialización oscilen entre 0 y 30 % del producto, utilizando el remanente dentro de las PMRS o enviándolo a disposición final.

El aprovechamiento de materiales reciclables se centra en el plástico, metales ferrosos y no ferrosos, papel y cartón, vidrio y metales, observándose una alta disparidad de criterios para la clasificación, lo que genera dificultades y pérdidas económicas en la comercialización. Sólo los materiales plásticos y el papel son objeto de algún tipo de procesamiento en las PMRS; en ambos tipos de material se presentan deficiencias en la compactación, lo que hace que los volúmenes de los materiales recuperados sean significativamente altos, lo cual influye en los costos de transporte.

Con respecto a las preferencias de los compradores por los materiales recuperados, en el caso del plástico se orienta hacia el PEBD (bolsas), PEAD y PET y materiales “soplados”, sin que existan posibilidades de comercialización para materiales como el poliestireno. Para el papel, mientras que el cartón, bond (archivo) y kraft tienen una alta demanda, la plegadiza, no la tiene. En el vidrio, la demanda, por lo general, se presenta según el tipo de botella. En el caso de los metales, los no ferrosos son los materiales reciclables con mayor demanda y precio de comercialización; la preferencia se centra en el cobre, el bronce y el aluminio en presentación de ollas y latas de refrescos o bebidas alcohólicas (Marmolejo, 2011).

Los ingresos por venta de productos en las PMRS están representados por la comercialización de materiales reciclables y constituyen entre el 10 % y 30 % de los costos de operación, haciendo necesario el soporte financiero vía tarifas.

10. Componentes estratégicos de solución para la gestión actual de residuos sólidos en la región.

En los municipios que componen esta región, sólo el 74% de la población tiene acceso al servicio de recolección de RSM, mientras que el 26% restante permanece alejado de dicho servicio. Aunado a

esta cobertura, el problema de disposición final de los residuos recolectados es un verdadero punto crítico no sólo para estos municipios, sino para la gran mayoría de municipios del país. En este último aspecto, el ministerio de medio ambiente ha venido promoviendo la aplicación de soluciones de disposición de residuos mediante la implementación de rellenos sanitarios del orden regional.

En razón a que la situación problema a tratar en el presente trabajo de investigación está relacionada con la disposición final de residuos sólidos, a continuación se describen algunas alternativas para el tratamiento, aprovechamiento y minimización de los residuos sólidos destinados a la disposición final.

10.1 Descripción de las alternativas tecnológicas.

Como consecuencia de la composición de la basura antes mencionada, tan heterogénea, el tratamiento debe ir dirigido en primer lugar a separar al máximo los distintos componentes presentes en los residuos (haciéndolo compatible con la economía de la inversión y de la operación). Cuanto mejor sea la separación en origen mejor será el funcionamiento de las plantas lógicamente.

Lo que nos encontraremos en una planta de tratamiento de residuos urbanos será lo siguiente:

- Separación de materiales potencialmente reciclables de los que no lo son.
- Tratamiento de la fracción orgánica, bien porque se ha recogido selectivamente o porque se ha separado de los materiales potencialmente reciclables en la planta de tratamiento.
- Incineración de la fracción no aprovechable procedente de los procesos anteriores.
- Preparación de la fracción no aprovechable procedente de los procesos anteriores como combustible para cementera u otras aplicaciones.

Como consecuencia de esto existen los tratamientos siguientes:

- Tratamiento mecánico de separación

- Tratamiento biológico aerobio (compostaje)
- Tratamiento biológico anaerobio (biometanización)
- Tratamiento de incineración
- Tratamiento mecánico de acondicionamiento como combustible

En las plantas de tratamiento pueden coexistir los cinco tratamientos pero son las menos frecuentes, siendo las más simples y las más frecuentes las que tienen sólo los dos primeros seguidas de las que tienen los tres primeros tratamientos.

En cualquier caso, toda planta debe tener irremediamente un vertedero o relleno sanitario de cola o de apoyo pues ningún proceso de los anteriores, ni la combinación de ellos, permite la disposición o el vertido nulo, este último concepto de vertido cero es utópico pues siempre existirá una corriente de materiales denominada rechazo de planta que no es aprovechable, cuyo destino final, hoy por hoy es el vertido, eso sí en condiciones controladas.

El vertido en sí no es un tratamiento sino un complemento, no obstante lo anterior, en el caso de vertederos de rechazos de plantas sin incineración, la parte orgánica que se ha escapado al proceso de separación mecánica y tratamiento biológico, cuando acabe en el vertedero, generará un biogás aprovechable energéticamente por lo que se puede decir que el tratamiento biológico prosigue en el interior de dicho vertedero.

10.2 Alternativa recomendada.

Como actualmente no se conoce una ubicación concreta para la planta de tratamiento ni los municipios que entregarán sus residuos, el desarrollo de este concepto para la planta en su etapa de operación continua es más bien especulativo. Para efectuar un análisis comparativo se han establecido diversas alternativas, partiendo de la premisa que todos los municipios de la región objeto de este trabajo entregan sus residuos inicialmente a uno de los dos sitios de disposición tratados a lo largo del estudio y que son la estación de transferencia Palmaseca, Palmira, Valle del Cauca y el relleno

sanitario Colomba – Guabal de Yotoco Valle del Cauca, situaciones estas que brindaran el punto de partida para realizar las comparaciones necesarias que permitan determinar si es viable o no la implementación de alguna de las siguientes alternativas, teniendo en cuenta que el sitio de disposición final de residuos sólidos ubicado en la ciudad de Yotoco Valle del Cauca, establece un material anual ingresado de 127.118 ton, de acuerdo a estimaciones realizadas.

Las alternativas planteadas son tres:

1. Una planta de TMB en Puerto Tejada Cauca, que reciba los RSM de los municipios del Norte del Cauca y Sur del Valle (se excluye a Popayán), con la consecuente evaluación entre transporte de rechazos a relleno regional de Yotoco Valle y la adecuación y construcción de celdas o vasos de disposición en “El cortijo” de la ciudad de Puerto Tejada, previa actualización del Plan de Manejo Ambiental.
2. Una planta de TMB ubicada en Popayán o en su área metropolitana que trate sus RSM, con la consecuente evaluación entre transporte de rechazos a relleno regional de Yotoco Valle y la adecuación y construcción de un relleno sanitario Local.
3. Una planta de TMB en Puerto Tejada que reciba todos los RSM de los municipios del proyecto y la evaluación entre transporte de rechazos a relleno regional de Yotoco Valle y la adecuación y construcción de celdas o vasos de disposición en “El cortijo” de la ciudad de Puerto Tejada, previa actualización del Plan de Manejo Ambiental.

Como base del cálculo de los diferentes costos actuales se establece lo siguiente:

- Para el costo de transporte se tendrá en cuenta lo analizado en la prestación del servicio de aseo del municipio de Miranda Cauca, en cuanto a consumo de combustible, mantenimiento preventivo (cambio de aceite del vehículo recolector de RS cada 5000 km), pago de peajes y sustitución de neumáticos cada determinado número de kilómetros, según información aportada por prestadores del servicio de recolección de residuos sólidos.

- Para el costo de disposición final se tendrán en cuenta los costos facturados por la empresa INTERASEO DEL VALLE, al municipio de Miranda Cauca a través de la estación de transferencia de Palmaseca, Palmira Valle del Cauca y el relleno sanitario de Yotoco Valle del Cauca.

Posteriormente se establecerán diferentes tablas en las que se representen los costos por transporte (combustible, peajes, mantenimiento preventivo, conductores, acompañantes y reposición de neumáticos) y costos por disposición de residuos sólidos, respaldados por los respectivos archivos de Excel que han sido tomados como base del cálculo.

11. Concepto y diseño del sistema de manejo integral de residuos sólidos municipales en la región objeto de estudio.

11.1 Tratamiento Mecánico Biológico (TMB).

11.1.1 Descripción del proceso de TMB

La gestión integral de la gestión de residuos sólidos de la región objeto de estudio comprende una combinación de técnicas y programas a poner en obra para administrar y ordenar los flujos de RS producidos. El sistema integrado planteado en función de las necesidades específicas de la región está diseñado para prevenir y manejar los diversos componentes de la gestión de los desechos de la manera más económica y ambientalmente posible.

El objetivo es actuar sobre la totalidad de los desechos municipales producidos en el presente y en el futuro, en un período aproximado de al menos 20 años.

A manera de descripción del proceso de TMB, se puede establecer la siguiente secuencia de actividades así:

- La planta de tratamiento recibe y pesa la basura entrante.
- Los desechos son separados mecánicamente y/o manualmente en sus componentes orgánicos e inorgánicos.
- La fracción inorgánica es sometida a una segregación manual donde se aíslan y retiran los elementos valorizables, se prensan y almacenan para su envío al mercado.

- La fracción orgánica es dirigida hacia las playas de fermentación y depositadas en celdas de concreto con ventilación forzada. Luego de tres o cuatro semanas de fermentación aeróbica, el sustrato es removido hacia los galpones de maduración donde se les deposita en hileras o pilas para completar su biodegradación. El proceso se completa en seis a ocho semanas.
- La materia orgánica estabilizada o mineralizada es recogida y enviada a la zona de afino, donde se le somete a un tamizaje doble, a fin de obtener dos tipos de granulación del compost y estar disponible para el mercado local y regional.
- Las ventas se realizarán al granel y en sacos membretados. Los elementos reciclables separados y prensados serán almacenados para acopiar volúmenes suficientes para dirigirlos sea al mercado local o al mercado regional o a la ciudad de Cali Valle del Cauca dada la proximidad de la misma.
- Los residuos últimos, no compostables ni reciclables, es decir, no valorizables serán enviados al relleno sanitario ubicado en el mismo sitio o al relleno sanitario de la ciudad de Yotoco Valle del Cauca. El relleno sanitario recibe residuos “secos y limpios”, desprovistos de materia orgánica y de productos peligrosos y nocivos (pilas, detergentes, pinturas) que se encuentran en la basura doméstica y que han sido retirados en el área de recepción o durante la segregación manual o magnética (overband). Estos residuos que alcanzan un buen nivel de compactación gracias a su naturaleza estabilizada, son enterrados diariamente evitando su exposición al aire libre.

11.1.1.1 Preparación mecánica y manual de los desechos a compostar

- Se recibe el conjunto de desechos en el área de recepción de separación mecánica. El área de recepción cubierta permite almacenar el equivalente de dos días de entrada.
- Se depositan los desechos en el suelo en un área hormigonada, luego se recogen y almacenan en rumas por un cargador.
- Luego, el cargador deposita los desechos de manera regular en la tolva de recepción de la cinta de alimentación de la línea de separación mecánica.
- El alimentador consta de un transportador con tablero metálico, situado en la fosa de manera que facilita su carga.

- En seguida, los desechos son depositados por este transportador al interior del separador mecánico primario. Este separador es un tromel (criba rotativa), hecho para separar la fracción orgánica del resto de los desechos.
- Se prevé una línea de separación con un flujo unitario de 40 toneladas por hora, es decir 100 a 110 m³/h.
- El tromel rotativo tiene una malla de 110 mm a través de la cual pasan los elementos de tamaño inferior siendo la mayoría elementos orgánicos.
- Los elementos de tamaño superior pasan directamente a la selección manual. La fracción orgánica separada mecánicamente pasa por debajo de un overband (transportador imantado o separador magnético) de manera que se retira el conjunto de elementos metálicos que pudieran perjudicar la calidad del compost (en especial las pilas). La materia orgánica pasa enseguida a un puesto de selección manual (puesto de trabajo para 4 operadores) teniendo por objetivo efectuar un control y retirar manualmente los eventuales indeseables.
- Luego, la materia orgánica es depositada automáticamente en una celda para ser compostada.

La otra fracción (> 110 mm) es enviada hacia la línea de selección manual, la cual consta de:

- Una cinta transportadora o mesa o plataforma de selección,
- Cuatro (04) puestos de trabajo para retirar la fracción gruesa, los elementos orgánicos grandes para enviarlos a la línea de desechos orgánicos a compostar,
- Veinticuatro (24) puestos de trabajo para retirar los productos reciclables que son extraídos manualmente y luego depositados en los receptáculos de reciclables que los conducen por gravitación hacia las celdas o los contenedores,
- 7 celdas o contenedores bajo la plataforma de selección, destinadas a recibir los productos seleccionados (papeles, cartones, plásticos PEHD, plásticos PET, aluminio, vidrio) antes de acondicionarlos,
- Un overband o separador magnético (transportador permanentemente imantado o con electroimán) destinado a extraer los metales ferrosos,

- Una caja o contenedor al extremo, destinada a recibir los flujos residuales destinados al relleno.

Los siguientes esquemas presentan la selección mecánica y manual:

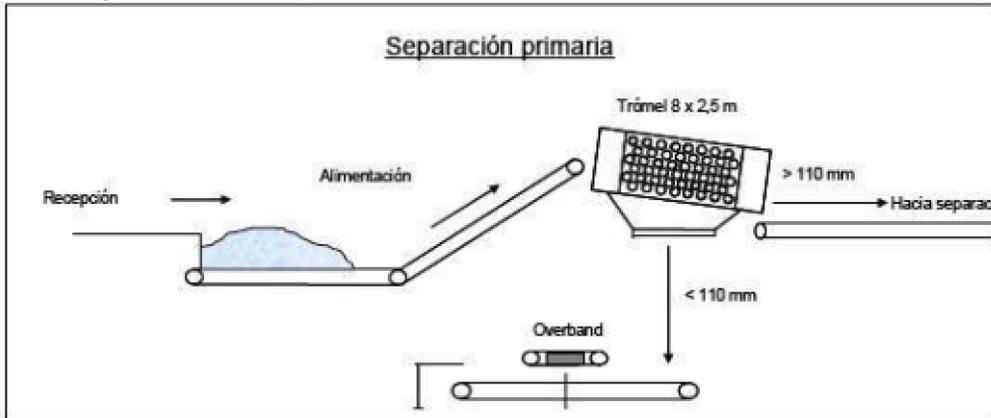


Figura 3. Separación primaria.

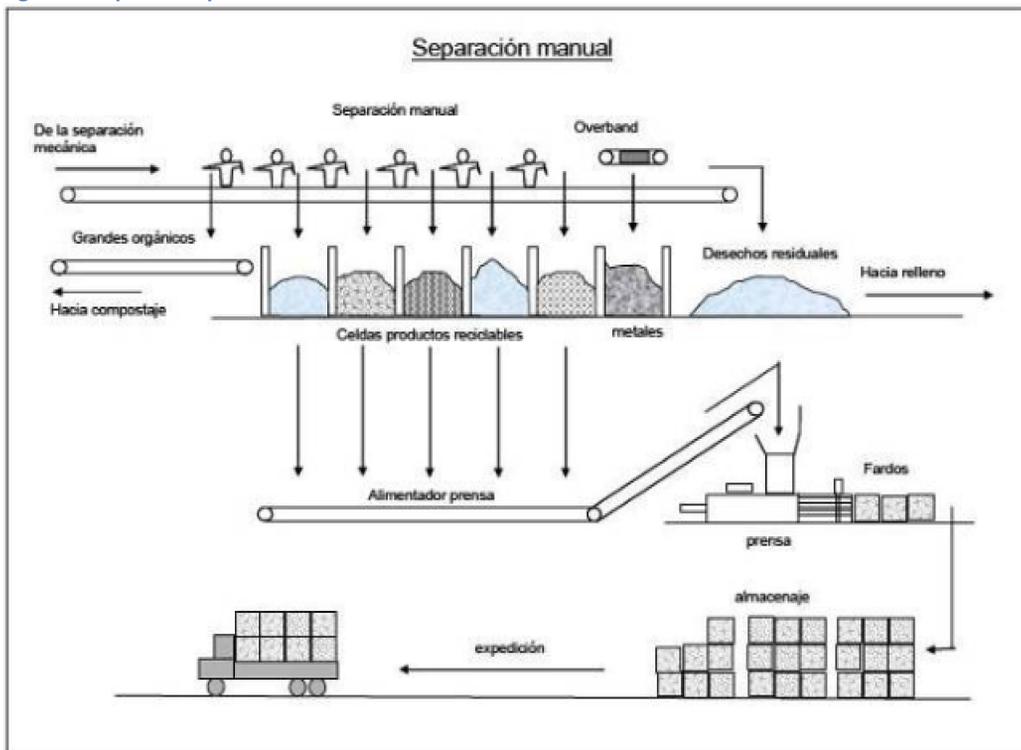


Figura 4. Separación Manual.

Los materiales reciclables ya seleccionados son seguidamente acondicionados de manera que permitan y optimicen la expedición de productos hacia el mercado de valorización. Ello se realiza mediante una línea de acondicionamiento compuesta por:

- Un transportador de carga de la prensa
- Una prensa de balas a canal.

Las balas o fardos de los productos reciclables son almacenadas posteriormente en un área del centro de selección antes de su expedición.

El acondicionamiento de los productos es diferente según su naturaleza:

- Los plásticos serán acondicionados en balas de 300/400 kg,
- Los papeles serán acondicionados en balas de 500/800 kg,
- Los cartones serán acondicionados en balas de 500/800 kg,
- El vidrio será almacenado sin separación previa, mezclado, para luego ser cargado directamente en los camiones,
- Los metales serán almacenados según su naturaleza para cargar directamente los camiones y enviarlos a los diferentes gestores.

11.1.1.2 Compostaje

Los desechos orgánicos a compostar son transportados por medio de un cargador que los deposita en las celdas de fermentación. La zona de fermentación consta de:

- Una plataforma de concreto,
- Celdas de fermentación que en sus tres lados consta de muros de concreto de una altura de 3 a 4 metros. Estos muros sirven para contener la materia orgánica. El conjunto está compuesto por:
 - Muros de concreto con una altura de 3 a 4 metros,
 - Una plataforma de concreto,
 - Canales de ventilación,
 - Techo cubierto para limitar la influencia de precipitaciones atmosféricas.
- Un sistema de ventilación forzada
- Un sistema de recuperación de líquidos de escurrimiento.

Existen 9 celdas de fermentación y sus dimensiones son de: 7m X 37 m. La etapa de fermentación dura 4 semanas. Al final de la

fermentación, la materia orgánica se recoge con el cargador para que madure al exterior.

11.1.1.2.1 Ventilación

Se necesita una buena aireación de la materia orgánica en fermentación para permitir su transformación aerobia. Esta aeración se obtiene de dos maneras:

- Instalación de ventilación forzada
- Volteo de productos en fermentación.

El método seleccionado es la ventilación forzada por soplado de aire con un ventilador en los canales de ventilación situados bajo las rumas de fermentación en las celdas.

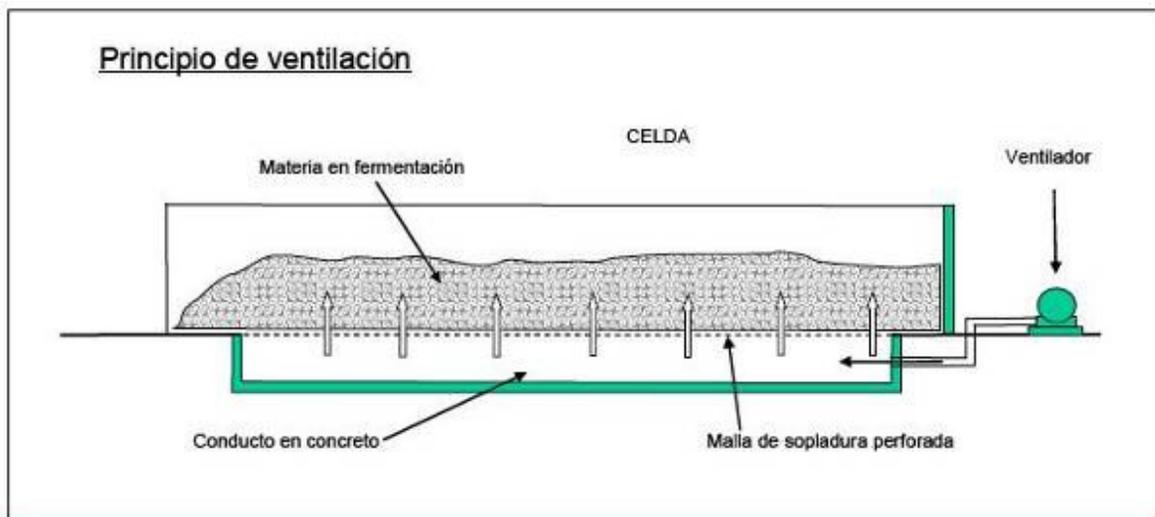


Figura 5. Principio de Ventilación.

Se regulará la ventilación en función de los parámetros de temperatura y de CO₂.

La medida de estos parámetros da buenas indicaciones sobre los factores que favorecen la fermentación y sobre el proceso de compostaje.

- La medida de la temperatura indica con precisión la actividad biológica: el incremento de temperatura se genera por la actividad biológica, es así que la temperatura de las rumas debe

incrementarse progresivamente hasta aproximadamente 60°, temperatura que permite una buena higienización del compost (destrucción de semillas adventicias, de los insectos y bacterias nocivas).

A continuación vuelve a bajar un poco, eso significa que el período "termófilo" se acaba y que la etapa de fermentación se termina. Una temperatura insuficiente significa que la fermentación no se efectúa o no lo suficientemente necesario (distintas causas posibles),

- La medida del CO₂ significa que la fermentación se realiza de manera aerobia y no Anaerobia.
- Las mediciones se realizan por medio de sondas manuales introducidas en el compost. Al comienzo de la instalación, se realizará una campaña de medidas de modo que se fijen los parámetros de funcionamiento y regule la ventilación.
- Seguidamente se deberán realizar medidas periódicas para ajustar los parámetros de ventilación.
- Se realizará otro tipo de mediciones: la medición de la humedad del compost de modo que optimice la humedad de la materia en fermentación. La ventilación además de garantizar el funcionamiento anaerobio, permite regular la humedad y la temperatura. En efecto, una gran entrada de aire por una parte va a secar el compost, y por otra va a reducir la temperatura.
- Al final del ciclo de fermentación, se realizará una sobre ventilación para secar un poco el compost antes de la maduración.

11.1.1.2.2 Gestión de aguas de percolación

Las materias en fermentación generan líquidos por escurrimiento en las celdas de fermentación, estos líquidos se recogen en los canales que también sirven para la ventilación, luego se almacenan en un reservorio (aproximadamente de 60 m³ de volumen). Luego, los líquidos sirven para el riego de la materia orgánica y el compost. No hay sobrantes a tratar.

11.1.1.2.3 Volteos

Durante la etapa de fermentación se realizará uno o dos volteos de la materia orgánica. Los volteos se realizarán con un cargador

trasladando la materia orgánica de una celda a otra, el objetivo del volteo es facilitar la aireación de las rumas, removiendo la materia en fermentación y así evitar la formación de caminos preferenciales durante la ventilación.

11.1.1.2.4 Maduración

La maduración se realiza al exterior, se deposita la materia orgánica en forma de andenes o hileras de 4 a 5 metros de altura, de forma trapezoidal. La función de la maduración es equilibrar la relación C/N (carbono/nitrógeno) y preparar el compost para su utilización. El proceso se realiza de manera natural y dura aproximadamente 2 meses, durante esta etapa las rumas están estáticas, sólo se prevé un volteado con cargador. Las aguas de escorrentía de esta zona se recogen en un canal y luego se decantan antes de ser devueltas al medio natural.

11.1.1.2.5 Afino del Compost

El objetivo del afino del compost es preparar un producto destinado a la comercialización. Se realiza en relación a las salidas del compost. Así, se podrá realizar un afino distinto según la utilización en:

- Horticultura,
- Cultivos grandes
- Acondicionamiento de paisajes urbanos,
- Utilización en reforestación.

El mercado del compost es disponible para una comercialización en dos granulometrías:

- 0/15 mm para utilización en agricultura y horticultura,
- 15/30 mm para utilización en reforestación,

El afino se realizará con una criba de 2 mallas (una de 15 mm y una de 30 mm). Los elementos más grandes serán enviados al relleno. La alimentación de la criba se realizará con un cargador, el compost tamizado caerá en dos alvéolos de concreto situados bajo la criba. Los productos demasiado gruesos para pasar por las mallas de la criba

caerán al extremo en un casillero y serán recogidos con el cargador a un camión con destino al relleno.

Luego, el compost afinado será recogido con el cargador para alimentar una tabla densimétrica encargada de retirar los elementos inertes más finos como piedrecillas, pedazos de vidrio, arena, etc. De esta manera, el compost purificado y homogéneo se convierte en un producto industrial Standard, listo para su envío al mercado.

El afino se realizará de manera regular en relación a los pedidos y expediciones. Complementariamente, para las necesidades en horticultura, una parte del compost será colocada en bolsas manualmente.

11.1.1.2.6 Seguimiento y monitoreo del compostaje

El seguimiento y monitoreo del compostaje será efectuado en base a una serie de parámetros que serán definidos en la puesta en marcha de la planta, luego de una formación y capacitación del personal que se hará cargo. Los datos que se recuperarán a través de las sondas de temperatura, las indicaciones de producción del CO₂ y los niveles de humedad registrados servirán para pilotear el proceso del compostaje, entre otros para determinar:

- Ventilación,
- Volteos,
- Necesidades de riego y humidificación

11.1.1.2.7 Relleno sanitario

El relleno sanitario destinado a recibir los residuos últimos de la planta de compostaje (materias no-orgánicas y no reciclables) será, de acuerdo a la Ley, clasificada de la siguiente manera:

- Relleno sanitario para residuos sólidos municipales,
- Relleno mecanizado (tonelaje diario promedio superior a 50 toneladas por día).
- Será el destino final de los rechazos de la planta de tratamiento los que provienen de dos fuentes:

- ✓ De la fracción de elementos no valorizables separados mecánicamente y no segregados manualmente por carecer de valor, compuesto básicamente por productos no-orgánicos, y
- ✓ Los rechazos del afino del compost.
- El hecho de realizar un tratamiento previo a la basura antes de enviarla al vertedero tiene diversas consecuencias favorables para la operación del relleno:
 - ✓ Notable reducción de las cantidades de basura a enterrar (inferior a la mitad de acuerdo a la tasa de rendimiento de la planta de compostaje),
 - ✓ Importante disminución de la peligrosidad, gracias a la selección manual donde los productos tóxicos visibles (pilas, botellas con contenido peligroso como solventes, aceites, etc..) han sido retirados,
 - ✓ Disminución considerable de las emisiones de biogás facilitando las operaciones,
 - ✓ Notable disminución de las cantidades de lixiviados (generados por el agua contenida dentro de la materia orgánica),
 - ✓ Mejoramiento de la compactación,
 - ✓ Disminución de los problemas de apisonamiento,
 - ✓ Disminución notable de los problemas de presencia de animales en el sitio,
 - ✓ Disminución de riesgos de auto-combustión.
 - ✓ Ello reduce considerablemente los costos operativos en relación a un relleno tradicional que recibe basura mixta, siendo el impacto más importante el incremento de la vida útil del relleno sanitario en un factor de 2 y hasta 3.

11.1.1.2.8 Personal

Las necesidades de personal administrativo, técnico y mano de obra se detallan en el siguiente Cuadro:

REQUERIMIENTO DE PERSONAL		
SECCION	FUNCION	PERSONAL
SERVICIOS GENERALES	Pesaje	1
	Seguridad vigilancia	3
	Dirección del sitio	1
	Técnico de Laboratorio	1

COMPOSTAJE	Conductor área de recepción	1
	Jefe equipo clasificadores	1
	Clasificadores control línea orgánicos	4
	Clasificadores línea de reciclaje	24
	Conductor sección fermentación/maduración	1
	Conductor acondicionamiento y evacuación	1
RELLENO SANITARIO	Jefe de equipo	1
	Conductor cargador frontal	1
	Maniobras	1
MANTENIMIENTO	Técnico electromecánico	1
	Limpieza y mantenimiento	2
TOTAL		44

Tabla 12. Requerimiento de personal para la planta de TMB

Fuente: Fuente: Proyecto de Mejoramiento y ampliación del sistema de transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en la Provincia de Huamanga e implementación del sistema de supervisión y monitoreo (San Juan Bautista, Jesús Nazareno, Ayacucho y Carmen Alto – Perú octubre de 2007.

11.1.1.2.9 Energía

El consumo energético del sitio proviene de dos fuentes:

- El consumo eléctrico,
- El consumo de combustible (ACPM).

El consumo eléctrico teniendo en cuenta el tiempo de trabajo útil al año de 300 días está evaluado en 251.280 kWh por año:

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA		
Usos	Energía consumida diariamente	Porcentaje de consumo
Locales sociales	30,72	4%
Separación mecánica	202,24	24%
Segregación manual	218,24	26%
Compostaje	203,36	24%
Afino	57,6	7%
Equipos generales	125,44	15%
Total	837,6	100%
Consumo anual Kwh	251.280	
Costo anual (\$/Kwh \$260)	\$65.332.800	

Tabla 13. Consumo de energía eléctrica para la planta de TMB propuesta

Fuente: Proyecto de Mejoramiento y ampliación del sistema de transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en la Provincia de Huamanga e implementación del sistema de supervisión y monitoreo (San Juan Bautista, Jesús Nazareno, Ayacucho y Carmen Alto – Perú octubre de 2007.

El consumo de carburante concierne las máquinas de manutención que ascienden a 6.

Hipótesis del cálculo de consumo:

- Cantidad de máquinas: 6
- Consumo por máquina (promedio): 4.8 Galones por hora,
- Tiempo de trabajo diario: 4 horas por día
- Cantidad de días por año: 300 días

Consumo anual en Galones = $6 \times 4.8 \times 4 \times 300 = 34.240,4$ galones de combustible, que equivalen a \$282.825.892 al año, con un precio de \$8.260/galón.

11.1.2 Disposición final de los residuos pre-tratados

Los desechos recolectados en las ciudades de Candelaria, Jamundí, Florida, Corinto y Villa Rica son transportados en su totalidad hacia el relleno sanitario Colomba – Guabal de la ciudad de Yotoco Valle del Cauca; los residuos recolectados en las ciudades de Popayán y Miranda Cauca, son llevados a la Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle, que al final transporta los residuos mediante vehículos de mayor capacidad al relleno sanitario Colomba – Guabal de la ciudad de Yotoco Valle del Cauca y por último, los residuos sólidos generados en el municipio de Puerto Tejada Cauca, son depositados en el botadero a cielo abierto “El Cortijo”, sitio que tiene un Plan de Manejo Ambiental para la disposición de sus RS en celdas de contingencia, el cual no ha sido desarrollado por la administración municipal.

Debido a las dificultades sociales, económicas y políticas presentes en el proceso de implementación de un emplazamiento para la disposición y/o tratamiento de RS no solo en la región sino en el país, se pretende realizar el análisis para la evaluación del proyecto, tomando como referente, la instalación de la planta de tratamiento en el municipio de Puerto Tejada, por las siguientes condiciones:

- Existe un sitio de disposición (botadero a cielo abierto) aceptado o apropiado por la comunidad en el que hace más de cinco (05) años se han venido depositando los RS de Puerto Tejada Cauca

y que cuenta con un Plan de Manejo Ambiental, el cual debe ser actualizado para garantizar la normalización de la disposición de RS.

- Puerto Tejada, es una ciudad que se encuentra en un punto estratégico, debido a que limita con casi todos los municipios del norte del Cauca y sur del Valle, lo que le da una posición de encuentro y de paso con sus municipios vecinos, e inclusive con la ciudad de Popayán, que debe pasar obligatoriamente por el sitio de disposición “El Cortijo”.
- Las distancias que existen entre los municipios de la región hasta el municipio de Puerto Tejada son menores que las que hay entre cada uno de los municipios y el sitio de disposición final de residuos sólidos, limitando además la existencia de peajes y el tramo excedente.

12. Residuos sólidos municipales para el Tratamiento Mecánico Biológico

12.1 Generación de los residuos sólidos municipales

La cantidad y calidad de los residuos sólidos municipales generados en la región se obtuvo de los estudios de generación y caracterización de residuos sólidos efectuados por los municipios en la elaboración de sus PGIRS y la información reportada por el operador del servicio de disposición de residuos sólidos que para nuestro caso es la empresa INTERASEO DEL VALLE S.A E.S.P.

Con la información obtenida, se han realizado los cálculos para determinar los diferentes costos que a lo largo de este trabajo se han venido y vendrán relacionando.

Debido a que desde hace menos de cuatro (04) años se ha obligado a los municipios a llevar a cabo la disposición de sus RS en un sistema que cuente con todas las condiciones de operación y mantenimiento que garanticen entre otras la menor afectación al medio ambiente, los datos obtenidos de las cantidades dispuestas, tiene, en la mayoría de los casos una antigüedad no mayor a tres (03) años, dado que los sistemas anteriores de disposición eran botaderos a cielo abierto y en el mejor de los casos, celdas transitorias que no contaban con bascula

para llevar a cabo el pesaje y posterior estadística de los RS que iban al vertedero.

12.2 Características de los Residuos sólidos municipales

Para analizar si es viable o no implementar un proyecto de este tipo en la Región, es fundamental estudiar cuál es la composición de los residuos sólidos en la región, ya que dicho estudio nos dará un indicio de cuánto de lo que se desecha es posible reciclar para su posterior venta.

De acuerdo con los resultados del estudio de generación y caracterización de los RSM realizados por los diferentes municipios a través de sus PGIRS se muestran a continuación las características y cantidades de estos materiales.

- Más de un 60% de los RS de origen doméstico es de tipo orgánico, pudiéndose aprovechar en los tratamientos conocidos (composteo o bien el tratamiento mecánico biológico).
- Un 22% de los RS domésticos tiene características óptimas para ser considerado como reciclable; sin embargo, se estima que sólo un 30% (un 6.7% del total) de estos será realmente aprovechado.
- Casi un 5% se considera como material sanitario: pañales desechables, toallas sanitarias y material de curación.
- Más del 10% no se considera como aprovechable.

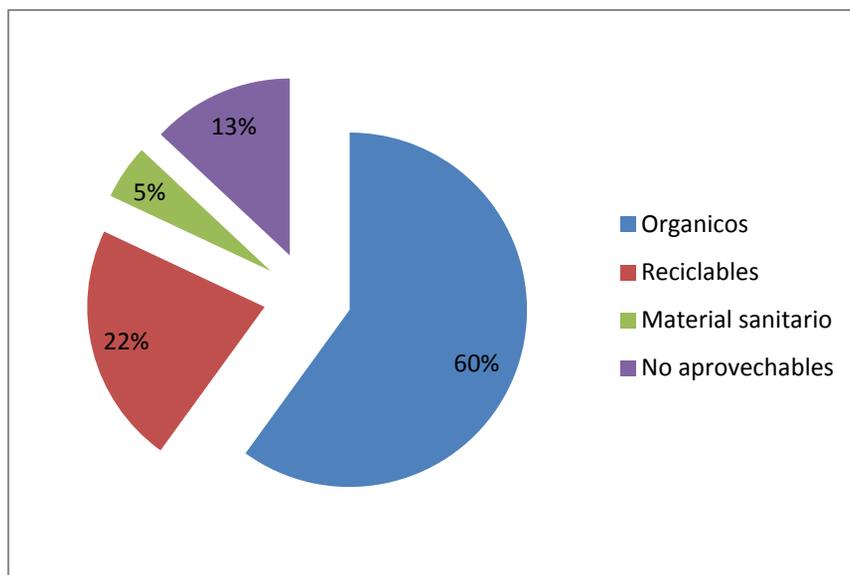


Gráfico 1: Composición de RS

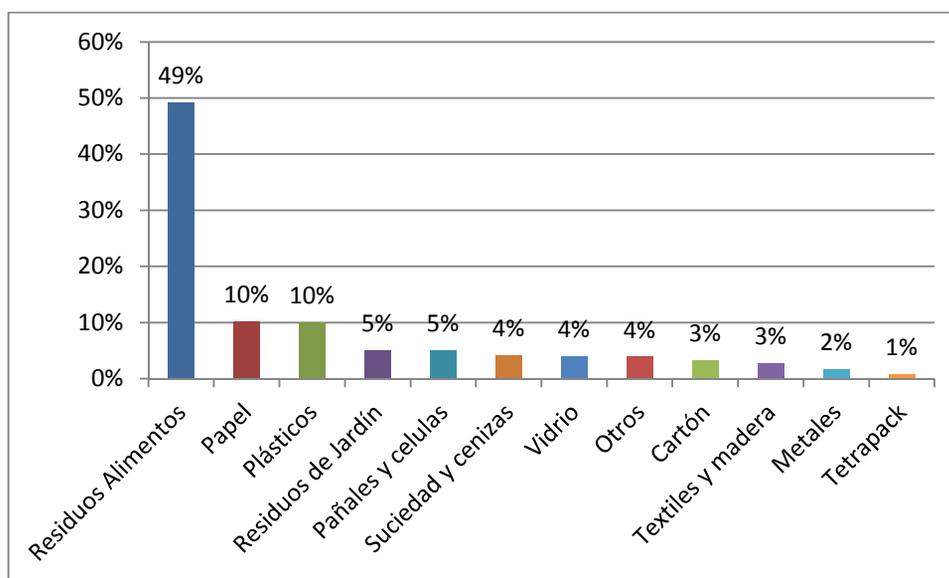


Gráfico 2: composición detallada de los RS

12.3 Residuos sólidos que pueden ser llevados a Tratamiento Mecánico Biológico.

Considerando la generación y composición de los residuos sólidos presentado en el punto anterior para estos ocho municipios, y aunado a las premisas:

- Que el objetivo de introducir el tratamiento mecánico biológico es ofrecer una alternativa al manejo de los RSM en la región, de tal

manera que se deberán incentivar y fortalecer los procesos de recuperación de materiales para reciclaje y composteo;

- Que las cantidades de residuos sólidos no peligrosos que provienen de la industria, tendrían que ser verificados y cualificados, ya que pudiera tenerse una importante fuente de materiales potencialmente reciclables, que en su mayoría se estima son desperdicios de la industria.

Los cálculos se presentan en la Tabla anexa, teniéndose entonces una cantidad potencial de RSM a tratar por el método mecánico biológico equivalente a 423.7 ton/d.

MUNICIPIO	Toneladas/año	Toneladas/día
Popayán	66988	223,3
Candelaria	15093	50,3
Jamundí	18175	60,6
Florida	10425	34,8
Miranda	2880	9,6
Puerto tejada	9895	33,0
Corinto	1850	6,2
Villa rica	1812	6,0
Total	127118	423,7

Tabla 14. Promedio diario de Residuos sólidos generados en la región

13. Análisis de viabilidad de implementación del proyecto

13.1 Necesidad actual

En Colombia se ha venido avanzando de una manera importante hacia la disposición adecuada de residuos sólidos, promoviendo el uso de proyectos regionales para la disposición de residuos sólidos, que gracias a las fuertes barreras políticas, sociales y de orden ambiental, hacen que estas soluciones que aunque existen, son muy onerosas para la gran mayoría de municipios debido a las grandes distancias que deben recorrer, el asumir elevados costos por disposición y/o transferencia y un alto costo derivado de la calidad del servicio derivado de los tiempos muertos de recolección de RS, lo que puede llegar a generar un verdadero problema de salud pública al permanecer por mucho tiempo los residuos sólidos en las calles y a merced de roedores, aves de rapiña, vacas y perros entre otro, aportando de esta manera al detrimento del paisaje.

Sin dejar de lado lo anterior, la necesidad actual se concentra básicamente en evaluar alternativas de tratamiento de RS, que permitan disminuir los costos de transporte, al tiempo que se viabilice la prestación del servicio de aseo y por qué no, la generación de un número importante de empleos en la región.

Actualmente la región objeto de estudio produce aproximadamente 424 toneladas de residuos sólidos domiciliarios diarios, dado esto y tomando en cuenta las proyecciones hechas anteriormente podemos notar que existe una necesidad real de reutilizar una cantidad importante de dichos residuos sólidos, por lo tanto el proyecto de instalar una planta de TMB de los residuos para su posterior reciclaje y aprovechamiento surge como una gran alternativa al dilema actual que tienen las autoridades municipales.

Para analizar más profundamente como se desperdician día a día los desechos, a continuación hay un detalle acerca de los usos y beneficios que los componentes más importantes de los desechos pueden entregar.

13.1.1 Usos de los residuos

Para conocer acerca de las posibilidades que otorga el producto que llamamos Residuos Sólidos Domiciliarios, es necesario conocer de que están compuestos los desechos y los posibles usos de los componentes de mayor abundancia. Conociendo estos datos y contrastándolos con las capacidades de la planta, se puede dilucidar la viabilidad de la implementación y uso de estos recursos.

13.1.1.1 Desechos orgánicos y residuos de jardín

Representando cerca de un 60% de los residuos generados a nivel regional, se encuentra los desechos orgánicos o también conocidos como residuos alimentarios, que se refieren a todos los desechos de origen biológico de fácil descomposición. Entre estos desechos podemos catalogar una gran cantidad de residuos generados en los hogares, como: Restos de frutas y verduras, bolsitas de té, cascaras de verduras, tierra, restos de pan, etc. Además a estos podemos sumar los llamados residuos de Jardín, entre los cuales podemos

identificar: las hojas secas, ramas de árboles, los restos de césped cortado, plantas, etc.

La particularidad de estos desechos es que son biodegradables, de modo que su desintegración puede ocurrir de forma natural y a su vez generar un buen uso de su resultado. Sin embargo, como ocurre en la actualidad, estos desechos van a parar casi en un 100% a los vertederos o rellenos sanitarios, los que mediante su digestión anaeróbica, generan biogás, principalmente metano, el cual es conocido como uno de los gases del efecto invernadero.

La descomposición de los residuos orgánicos puede ser útil de las siguientes maneras:

- Digestión Anaeróbica, se refiere a la creación de plantas tomadoras del biogás generado por la digestión anaeróbica de los residuos, lo cual se refiere a la descomposición mediante la ausencia de oxígeno.
- Compostaje, es un proceso biológico aeróbico, mediante el cual pequeños microorganismos actúan desintegrando los desechos bajo tres factores controlados (Oxígeno, Humedad y Temperatura). Este proceso permite obtener el llamado "Compost", el cual es un excelente abono para la tierra, lo cual permite disminuir considerablemente los residuos en su lugar de disposición, además de evitar profanar bosques y zonas nativas en busca tierra fértil, impidiendo la grave erosión de los suelos.



Gráfico 3. Volteo de pilas de compost.

- Conversión Termoquímica, se refiere a la utilización de desechos orgánicos para la obtención de energía calórica. Esta conversión se puede realizar de varias maneras, siendo las más comunes: Pirolisis, la cual es la descomposición térmica de desechos que contienen carbono cuando no hay oxígeno; Hidrogenación, es la obtención de hidrocarburos a partir de desechos orgánicos; Hidrogasificación, es la conversión de desechos como estiércol en gas metano y etano mediante el sometimiento de presiones elevadas; Fermentación y Destilación, lo cual es la obtención de alcohol de granos y desechos vegetales.

13.1.1.2 Papeles

La generación de papeles dentro de los desechos alcanza poco más de un 10% de los residuos de la región, y de estos cabe destacar que el 56% es catalogado como papel de rechazo, es decir, algún tipo de papel ya utilizado y del cual no es posible su reutilización o reciclaje debido a su composición o alto nivel de contaminación. Sin embargo, el restante 44% corresponde a poco más de 975 toneladas mensuales de papel reutilizable de diversos tipos, entre los cuales podemos encontrar: papel de periódicos, papel de revistas, papel kraft y papel blanco.

El reciclaje del papel es importante debido a los recursos necesarios para la generación de papel virgen, que son principalmente agua, energía y celulosa de la madera de árbol. Es por esto que el reciclaje presenta una serie de beneficios tanto ambientales como económicos, entre los más importantes beneficios se puede nombrar:

- Se salva masa forestal de ser talada.
- Se reduce en un 85% el consumo de agua y en un 65% el de energía.
- Disminuyen los contaminantes en un 35%.
- Se reduce la inversión de industrias del sector.
- Ahorro de gastos.
- Materia prima barata.
- Para fabricar una tonelada de papel es necesario entre 1.25 y 1.4 toneladas de papel reciclado.

Para el reciclaje del papel es muy importante su clasificación y selección, ya que cada categoría de papel recolectado tiene un costo diferente y servirá para producir un nuevo papel de similares características.



Gráfico 4. Reciclaje de papel

13.1.1.3 Cartones

La generación de cartones viene dada principalmente por el sector comercial como embalaje de todo tipo de productos. Mensualmente la región puede llegar a generar más de 700 toneladas de residuos de cartón, dentro de lo cual cerca de un 12% es considerado cartón sucio con bajas posibilidades de reutilizarse. Dentro del restante 88%, existen varios tipos de cartón desechado que tiene posibilidades de reciclarse, entre los cuales destacan: cartón corrugado, pulpa moldeada, cartón liso o cartulina y cartón dúplex.

Al igual que el papel, la base para la fabricación de cartón es la celulosa obtenida de los árboles, por lo que el reciclaje de una tonelada de cartón sustituye la tala de alrededor de 15 árboles, el ahorro de 50.000 litros de agua, el uso aproximadamente de 140 litros de petróleo, la emisión de 900 kilos de dióxido de carbono y gases de efecto invernadero y el ahorro de 2 metro cúbicos de relleno sanitario.



Gráfico 5. Reciclaje de cartón.

13.1.1.4 Plásticos

La generación de residuos plásticos es sin duda el ítem de mayor crecimiento durante los últimos años, esto dado principalmente por los usos de desechables que se le dan a los productos contenidos en envases plásticos. En nuestro estudio, la generación de plásticos representa poco más del 10% de los residuos totales, lo cual significa que son cerca de 12 mil toneladas mensuales. Estos residuos plásticos se pueden clasificar de diversas formas, según su nombre, sigla y usos. A continuación la tabla identifica los materiales plásticos y sus usos más comunes:

Código	Sigla	Nombre	Usos
	PET	Tereftalato de Polietileno	Envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos. etc.
	PEAD (HDPE)	Polietileno de alta densidad	Envases de leche, detergentes, champú, baldes, bolsas, tanques de agua. caiones para pescado. etc.
	PVC	Polocloruro de vinilo	Tuberías de agua, desagües, aceites, mangueras, cables, símil cuero, usos médicos como catéteres, bolsas de sangre. etc.
	PEBD (LDPE)	Polietileno de baja densidad	Bolsas para residuos, usos agrícolas. etc.
	PP	Polipropileno	Envases de alimentos, industria automotriz, artículos de bazar y menaje, bolsas de uso agrícola y cereales, tuberías de agua caliente, films para protección de alimentos, pañales descartables. etc.
	PS	Polietileno	Envases de alimentos congelados, aislante para heladeras, juguetes, rellenos, etc.
	Otros	Resinas Epoxídicas Resinas Fenólicas Resinas Amídicas Poliuretano	Adhesivos e industria plástica. Industria de la madera y la carpintería. Elementos moldeados como enchufes, asas de recipientes, etc. Espuma de colchones, rellenos de tapicería. etc.

Gráfico 6. Convenciones materiales plásticos.

Fuente: Evaluación De Planta Mecanizada Separadora De Residuos Sólidos – Facultad de Economía y negocios Universidad de Chile

El reciclaje de productos plásticos por lo general se utiliza para confeccionar productos que no necesitan materia prima de alta calidad, como bancos, sillas, mesas, baldosas, paneles. El plástico reciclado, por ley no se puede utilizar para fabricar nuevos envases o productos que tengan contacto con alimentos.

El plástico es producido a partir del petróleo, y dado que este es un producto no renovable es muy importante su correcta utilización. El reciclaje de una tonelada de plástico permite ahorrar alrededor de 12 barriles de petróleo.

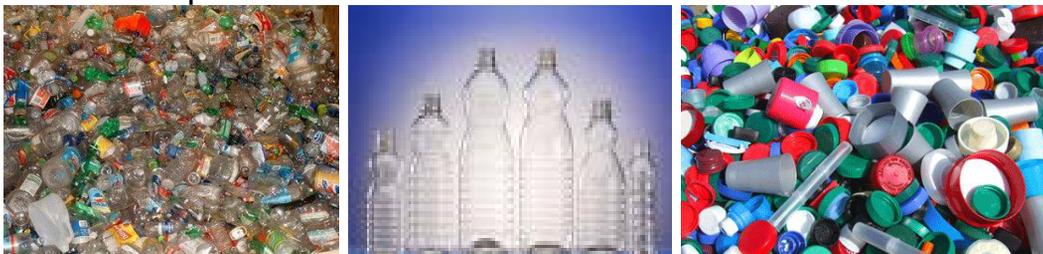


Gráfico 7. Reciclaje de envases plásticos.

13.1.1.5 Vidrios

El volumen de vidrios generados en la región alcanza casi el 4% del total de los RSD, lo cual representa un promedio de más de 390 toneladas mensuales, lo cual representa una gran potencialidad de reutilización del vidrio. El vidrio para reutilizar se puede separar por su uso anterior o por el color que este tenga, de modo que se pueda hacer más fácil su renovación. En el caso de las botellas de vidrio, estas pueden ser reutilizadas más de 50 veces, para lo cual solo se necesita un tratamiento de lavado. El vidrio es prácticamente 100% reutilizable, y además este reciclaje tiene una serie de beneficios tanto económicos como ambientales, entre los que destacan:

- Ahorro de materia prima, 3.000 botellas evitan la explotación de 1 tonelada de materia prima y 130 litros de combustible.
- El reciclaje ahorra un 75% de energía con respecto a la fabricación.
- Disminuye la contaminación en un 20% y el consumo de agua en un 50%.



Gráfico 8. Reciclaje de Vidrio.

13.1.1.6 Metales

La generación de residuos de metales representa cerca de un 1,66% de los residuos en general, alcanzando alrededor de 162 toneladas mensuales. Esa cantidad viene explicada principalmente por restos de hojalata provenientes de artículos como latas de conserva, tapas de metal, botones de metal, alambres, etc. El otro ámbito importante de la generación de metales son los materiales ferrosos provenientes de desechos de mayor envergadura. Por último, con una menor cantidad, están los restos de aluminio o latas de aluminio, de las cuales se desechan más de 30 toneladas mensuales y presentan grandes oportunidades de reciclaje dado su fácil reutilización. Entre los beneficios más importantes del reciclaje de metales encontramos:

- Una tonelada de hoja lata recuperada ahorra 1.100 kg. de mineral de hierro, 435 kg. de carbón, y 18 kg. de caliza y a su vez consume un 75% menos de energía.
- Una tonelada de aluminio ahorra 4,5 toneladas de bauxita, 1,3 toneladas de carbón y energía equivalente a 36 barriles de petróleo.

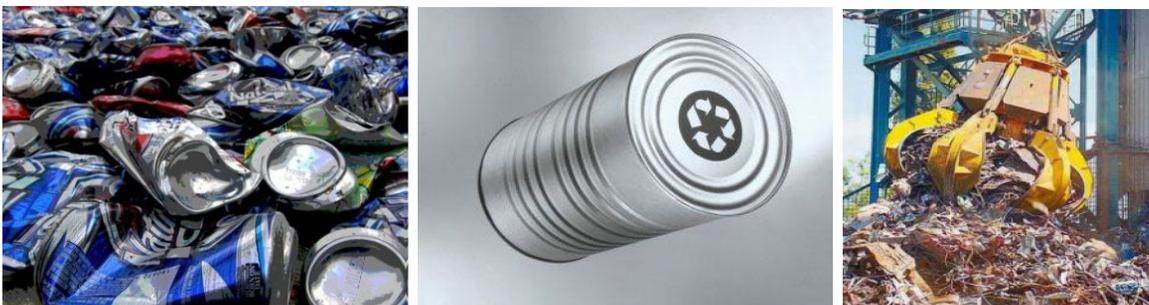


Gráfico 9. Reciclaje de Latas.

13.1.1.7 Tetra Pack

Los envases tetra pack, representan un poco más de 0,8%, sin embargo estos representan cerca de 78 toneladas de desechos mensuales en la región. Estos envases son principalmente ocupados como contenedores de productos líquidos como leche y jugos.

El envase está compuesto por la unión de una capa de papel de alta calidad, una lámina de aluminio y una capa de plástico. El reciclaje de este producto viene dado por la separación de sus partes y reutilización de ella para la fabricación de otro tipo de productos, así como también generar múltiples estructuras con este material triturado y compactado.

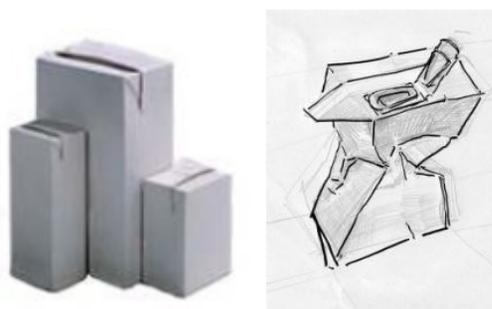


Gráfico 10. Reciclaje de Tetra Pack.

14. Análisis de amenazas y oportunidades

14.1 Amenazas

14.1.1 Factores económicos

Los factores económicos representan una amenaza para el proyecto ya que en una primera instancia se supone que las plantas separadoras de residuos necesitan más recursos financieros para su funcionamiento e implementación, por lo que una eventual amenaza sería que la nueva planta tuviese que traspasar esos costos a las municipalidades, ya que quizás los recursos obtenidos a través de la venta de productos reciclados no sea suficiente. En el caso que así ocurriese resultaría muy difícil que las municipalidades optasen por la nueva planta ya que los rellenos sanitarios son más económicos y como ya sabemos, este es el principal atributo por el cual las municipalidades toman su decisión de disposición de los residuos sólidos de sus vecinos.

14.1.2 Competencia

Sin duda la principal amenaza para la planta de TMB de residuos sólidos es la competencia. Si bien los rellenos sanitarios no son considerados como competidores directos en el rubro del tratamiento mecanizado de los residuos, estos sitios poseen tecnología muy avanzada para la disposición final de los residuos, cumpliendo a cabalidad con todos los requerimientos de las autoridades sanitarias y clientes. Por lo tanto la gran consolidación, experiencia y Know-How son lo que consideramos la gran amenaza para el proyecto. El costo por tonelada dispuesta es un factor importante a tener en cuenta.

14.1.3 Factores Legales

Otro aspecto que podría resultar ser una amenaza es que la planta separadora de residuos necesita establecer contratos a largo plazo con las municipalidades, ya que estos funcionan en este caso como sus proveedores, si las municipalidades no están de acuerdo con cerrar contratos con plazos tan largos de tiempo esto efectivamente será una amenaza ya que después de haberse establecido en la región será más complicado hacer las negociaciones.

14.2 Oportunidades

14.2.1 Factores ambientales

Las plantas de TMB generan menores daños al medio ambiente comparadas con los rellenos sanitarios, esto ya que las emisiones a la atmósfera que genera son mucho menores a las emisiones permitidas por las regulaciones ambientales, no contaminan el agua ni las napas ni el terreno, daños que si son generados por los rellenos sanitarios existentes en nuestro país.

Mientras que las emisiones a la atmosfera de un relleno sanitario son incontrolables, básicamente por malos olores y gases emitidos. En el caso de la contaminación de napas si bien están controlados tienen amenazas de posibles situaciones de contaminación tales como desbordes de la superficie controlada o fracturas de la base del relleno por efectos de movimientos sísmicos.

Las plantas separadoras tampoco generan riesgos para las comunidades vecinas tales como enfermedades, virus a través de

moscas, roedores y aves. Por lo tanto no representa un problema real para las familias que se encuentren cerca de la planta, caso muy distinto a los rellenos sanitarios que si producen estos problemas a habitantes más cercanos. Además de problemas sanitarios los vecinos también se ven expuestos a bajas importantes en los precios de sus viviendas, por lo que también los afecta económicamente.

Siguiendo con la línea comparativa entre relleno sanitario y planta separadora esta última necesita menos superficie para su operación por lo que les será más fácil encontrar ubicación y no presenta la oposición de localidades vecinas.

14.2.2 Factores sociales

Hoy en día podemos notar que muchas familias han tomado conciencia del daño que le estamos produciendo al medio ambiente, y para muchos la forma más simple y rápida de hacer algo al respecto es reciclando los residuos familiares o en el mejor de los casos, produciendo menos residuos sólidos. En la mayoría de los colegios se enseña a los niños formas de preservar el medio ambiente y entre ellos se les enseña a reciclar. Algunas universidades y empresas han lanzado proyectos para que los alumnos y clientes se acostumbren a reciclar todos los residuos que generan, esto nos demuestra que existe un cambio en los estilos de vida, con mayor fuerza de parte de los niños y jóvenes del país, el cual está en directa relación con preservar el medio ambiente, por lo que podemos inferir que proyectos de este tipo serán socialmente aceptados y contarán con el apoyo de la comunidad en comparación con los rellenos sanitarios.

14.2.3 Factores políticos

Teniendo en cuenta que la problemática de los residuos sólidos en el país cobra cada vez más importancia, las diferentes municipalidades están realizando esfuerzos hacia la implementación de tecnologías que permitan disminuir la producción de los RS, al tiempo que se disminuyen los costos ambientales y de prestación del servicio, esto liderado de forma coercitiva por el Ministerio de Medio Ambiente, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y las Corporaciones ambientales. Esto representa una oportunidad para la planta mecanizada ya que las características técnicas de ésta sobre

pasan considerablemente las regulaciones actuales, lo que las deja en una situación favorable ante eventuales cambios en las leyes ambientales. No así los rellenos sanitarios, los cuáles hoy cumplen con todos los requerimientos ambientales, pero quizás en un futuro les sea muy complicado operar. Por lo tanto las plantas mecanizadas tienen una ventaja en esta materia.

14.2.4 Factores demográficos

El gran aumento de población que se proyecta para la próxima década sin duda representa una oportunidad para el proyecto ya que mientras mayor sea la cantidad de personas que habiten la región, mayor será la generación de residuos sólidos, por lo tanto existirán mayores volúmenes de basura que procesar por la planta separadora de residuos sólidos.

14.2.5 Factores del producto

El estudio de caracterización de los residuos analizado, demuestra que más del 25% de los residuos son reciclables, es decir, una vez que la planta logra separar sus desechos, están en condiciones de ser vendidos de diferentes formas, además de contar con cerca del 60% de residuos orgánicos que pueden ser aprovechados mediante el compostaje, esto, sumado al crecimiento del tamaño de mercado de los residuos sólidos domiciliarios durante los últimos años y las proyecciones de este mismo, se tiene que la composición se presenta como una gran oportunidad para la comercialización de los productos, ya que año a año aumenta el volumen de materiales reciclados por las empresas productoras, de modo de abaratar costos y no aumentar la explotación de recursos. Entre los productos derivados de los desechos con posibilidades de ser reciclados fácilmente encontramos papeles, cartones, vidrios, plásticos, aluminio y metales ferrosos.

15. Proposición estratégica del negocio

Para la implementación de una planta de tratamiento (TMB) o separación de los residuos sólidos domiciliarios, existen muchos pasos y factores críticos que conocer antes a la implementación, los cuales

de no ser previamente analizados y estudiados, disminuyen considerablemente las posibilidades de éxito del proyecto.

Tal como está definido en el marco regulatorio, existen una serie de instituciones que deben resguardar el buen manejo y disposición de los residuos sólidos, por lo que en primera instancia se debe analizar cuáles son las normas más relevante dictadas por el ministerio de medio ambiente, en cuanto al manejo de los RSD. Al igual que el ministerio, existen otros organismos con diferentes grados de responsabilidad en los temas relacionados con los RSD, así como la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) la cual está encargada de vigilar el cumplimiento de las políticas sobre el manejo de los residuos en la región y de coordinar la aprobación de los proyectos relativos al manejo, tratamiento y eliminación de los desechos; la Alcaldía y el Concejo Municipal de Puerto Tejada que tienen, entre muchas otras funciones la de definir las políticas de ordenamiento territorial lo cual condiciona el uso de suelo para una industria.

Una vez analizadas todas las situaciones legales y ambientales, para implementar el proyecto es muy importante conocer el parecer de los municipios en cuanto a un proyecto de esta naturaleza, ya que ellos son los principales proveedores-clientes de todos los residuos generados en la Región.

Los volúmenes de residuos generados por cada una de las ciudades y su respectiva composición de residuos son claves para conocer con cuántas toneladas mensuales se dispondrá y junto con la composición conoceremos el volumen de toneladas de cada material reciclable que contará la planta para su posterior comercialización.

Una de las recomendaciones para que los costos resulten realmente atractivos para los municipios es que la planta tenga una ubicación estratégica, ya que gran porcentaje del costo total de la disposición de residuos es debido al transporte que deben hacer los camiones recolectores de basura hacia la disposición final. Este porcentaje del costo total es variable y depende de las ciudades, por ejemplo en la ciudad de Popayán el costo de transporte y disposición representan cerca de 8037 millones de pesos, de los cuales el costo de transporte alcanza el 45% del costo mencionado, esto, debido a que los RS de la

ciudad de Popayán son entregados en la estación de transferencia palmaseca de la ciudad de Palmira Valle del Cauca, lo que representa un costo aproximadamente de 3 veces el establecido por el Relleno Sanitario Colomba – Guabal. Una situación contraria se presenta con el municipio de Jamundí, que presenta unos costos de transporte de sus residuos un 8% mayor a los costos de disposición. Dado lo anterior, se cree que una buena ubicación de la planta es fundamental en la estrategia de costos del proyecto.

Más allá de la ubicación que se escoja para disminuir los costos, una planta de este estilo no debería cobrar más de lo pagado actualmente por las municipalidades al relleno sanitario, ya que si llegara a ser así, lo más probable es que las autoridades decidan no tomar en cuenta dicha propuesta. Se estima que presentar costos más bajos a los municipios no tendría que ser tan complicado ya que además de los ingresos recaudados de las municipalidades, la planta también recibirá ingresos por la venta de material reciclable a su respectiva fábrica.

16. Estudio del mercado

16.1 Empresas recolectoras

Según se vio en el numeral 8.4.1 Recolección y transporte, en la región existen cerca de 8 Empresas recolectoras de carácter público y privado. Estas empresas están encargadas de recolectar los residuos domiciliarios generados en los límites de cada ciudad y en ocasiones también están encargadas de mantener limpia todos los sectores de las ciudades, ya sea barriendo calles o encargados del aseo general de espacios públicos como galerías y centros deportivos.

En algunos casos, la recolección de los residuos de una ciudad puede estar en manos de más de una empresa, ya que dado los volúmenes generados puede no ser suficiente la capacidad otorgada por una empresa recolectora.

16.2 Municipios

Como ya se ha mencionado antes, los municipios son los organismos responsables de la gestión de los residuos. Dentro de la región las ciudades más significativas en términos demográficos y obviamente de producción de RS son en su orden: Popayán, Jamundí, Candelaria y

Florida. Como se vio en el numeral 9.1 Variación poblacional de los municipios, cerca del 44% de la población de la región esta concentrada en la ciudad de Popayán, lo que la hace más atractiva al momento de plantear una alternativa de implementación de un proyecto tipo planta de TMB, toda vez que el 52.7% de los residuos generados corresponden a Popayán.

16.3 Cliente comercial

Para este caso, dado que el proyecto de una planta mecanizada para la separación de la basura conlleva la obtención de variados tipos de residuos con posibilidades de ser reutilizados, a continuación presentaremos los principales y más importantes productos derivados del tratamiento de la basura con sus respectivos precios de venta en el mercado de las recicladoras. Entre los potenciales productos a reciclar podemos encontrar los siguientes precios ofrecidos en la región (\$/Tonelada):

Precios de materiales por ciudades (\$/Tonelada)		
Material	Ciudad	
	Cali	Popayán
Papel	311500	385000
Plásticos	429000	650000
Vidrio	140000	145000
Cartón	273000	270000
Aluminio	2100000	2200000
Hierro	350000	350000

Tabla 15. Precios de Materiales por ciudades.
Fuente: <http://www.cempre.org.co>

Se presentan los precios de compra a bodegas, que ofrecen los distintos comercializadores en las ciudades de Cali Valle del Cauca y Popayán Cauca, esto por su cercanía a la instalación de tratamiento de RS, una en Popayán y una en la ciudad de Puerto Tejada Cauca, según las alternativas planteadas en 10.2 Alternativa recomendada.

17. Evaluación de las alternativas.

Antes de llevar a cabo la evaluación de las alternativas, es necesario recordar que:

- Ningún tipo de tratamiento se lleva a cabo en la región. Ello tiene como consecuencia la necesidad de superficies cada vez más importantes de terreno requeridos para el confinamiento final de la basura. Igualmente, ello tiene como efecto el desperdicio de recursos valorizables que pueden ayudar a realizar una mejor gestión de los residuos sólidos enmarcados dentro de prácticas ecológicas como son la reducción de la producción de gases de efecto invernadero (GEI) y la reducción en cantidad y peligrosidad de los residuos que van a disposición final.
- La oferta de tratamiento es igual a cero, por lo tanto la brecha oferta-demanda considera la integridad de los desechos sólidos producidos en la región.
- A fin de recuperar los productos reciclables que se encuentran al interior de la basura, rescatar la materia orgánica de los residuos sólidos impidiendo su disposición final en el relleno sanitario, reduciendo de esta manera la producción de lixiviados y los GEI, se requiere de una planta de tratamiento que procese la totalidad de los residuos sólidos producidos en los próximos quince a veinte años.
- La planta de tratamiento debe cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:
 - Capacidad: 70.000 a 130.000 TM anuales (Según la alternativa)
 - Rendimiento: producción de compost entre 40-50% de la fracción orgánica.
 - Tasa de recuperación de reciclables, entre 40-80% dependiendo de los productos.
 - Balance global: Alrededor del 50% del volumen producido de basura deberá ser recuperado y/o reciclado.
 - La tecnología a utilizarse para la producción del compost deberá ser natural, aeróbica, de metodología simple e industrial.

17.1 Alternativa 1.

Una planta de TMB en Puerto Tejada Cauca, que reciba los RSM de los municipios del Norte del Cauca y Sur del Valle (se excluye a Popayán), con la consecuente evaluación de la adecuación y construcción de celdas o vasos de disposición en “El cortijo” de la

ciudad de Puerto Tejada, previa actualización del Plan de Manejo Ambiental.

17.1.1 Costos de implementación de la alternativa 1

17.1.1.1 Alternativa sin proyecto.

En este caso, se presenta una evaluación de costos de la situación actual, es decir, los costos derivados de llevar a cabo la prestación del servicio de transporte y disposición final de RS de cada uno de los municipios del sur del Valle del Cauca y norte del Cauca, para lo cual se ha tenido en cuenta variables como: costo de personal (conductor y acompañante), costo de transporte (incluye combustible, mantenimiento de vehículos y peajes), y el correspondiente costo de disposición según se muestra en los siguientes cuadros:

COSTO ANUAL DE TRANSPORTE	
Candelaria	367411330,7
Jamundí	452248183,9
Florida	302011748,7
Miranda	78049464,13
Puerto tejada	18342351,98
Corinto	88074091,25
Villa rica	68782885,9
Total	1.374.920.057

Tabla 16 Costo anual de transporte
Fuente: Este estudio

COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN (\$/Tonelada)				
Municipio	Sitio de Disposición Final	Toneladas/año	Costo disposición (\$/Ton)	Total Costo disposición año
Candelaria	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	15093	21246	\$ 320.665.878,00
Jamundí	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	18175	21246	\$ 386.146.050,00
Florida	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	10425	21246	\$ 221.489.550,00
Miranda	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	2880	66279	\$ 190.883.520,00

COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN (\$/Tonelada)				
Municipio	Sitio de Disposición Final	Toneladas/año	Costo disposición (\$/Ton)	Total Costo disposición año
Puerto tejada*	"El cortijo", Botadero a cielo abierto	9895	6064	\$ 60.003.280,00
Corinto	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	1850	21246	\$ 39.305.100,00
Villa rica	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	1812	21246	\$ 38.497.752,00
COSTO TOTAL DE DISPOSICION	\$ 1.256.991.130,00			

Tabla 17. Costo total de disposición de RS
Fuente: Este estudio

COSTOS TOTALES SIN PROYECTO	
Municipio	Total
Candelaria	\$ 688.077.208,69
Jamundí	\$ 838.394.233,91
Florida	\$ 523.501.298,70
Miranda	\$ 268.932.984,13
Puerto tejada*	\$ 78.345.631,98
Corinto	\$ 127.379.191,25
Villa rica	\$ 107.280.637,90
TOTAL	\$ 2.631.911.186,56

Tabla 18. Costo total sin proyecto
Fuente: Este estudio

17.1.1.2 Alternativa con proyecto.

A continuación se relacionan las variables de costos e ingresos relacionados con la implementación de la planta de TMB ubicada en la ciudad de Puerto Tejada y recibiendo los residuos sólidos de los municipios del norte del Cauca y sur del Valle del Cauca, para lo que se tendrá en cuenta, entre otras cosas lo siguiente:

- Costos de operación de la alternativa 1, según se muestra en la siguiente tabla:

Costos de operación Alternativa 1	
Descripción	Costo
Mano de Obra	\$ 279.289.646,31
Energía Eléctrica	\$ 30.904.051,86

Combustible	\$	133.783.735,32
Total	\$	443.977.433,49

Tabla 19. Costos de operación alternativa 1.
Fuente: Este estudio

- Ingresos por venta de materiales (se calcula sobre un 40% de tasa de recuperación de materiales reciclables), e ingresos por venta de servicios de disposición de residuos sólidos. Se contemplara una variable de ahorro en costos de transportes debido a la menor distancia recorrida y a la inexistencia de peajes durante los recorridos que llevan a la ciudad de Puerto Tejada Cauca.

Ingresos por ventas Alternativa 1				
Material	Tasa de Recuperación 40%	Cantidad (Ton)	\$/Ton	Subtotal
Papel	40%	2448	311500	762705756,4
Plásticos	40%	2422	429000	1039053616
Vidrio	40%	948	140000	132670832
Cartón	40%	801	273000	218654326,8
Aluminio	40%	72	2100000	151527600
Hierro	40%	445	350000	155736700
Servicio de disposición				
Residuos sólidos		60130	21246	1277521980
TOTAL INGRESOS POR VENTAS				\$3.737.870.811

Tabla 20. Ingresos por ventas alternativa 1.
Fuente: Este estudio

- Costos de pre inversión e inversión a precios del mercado, establecido como una serie de inversiones a ser recuperadas en un tiempo de 20 años, que es el periodo establecido para el proyecto y según se relaciona en la siguiente tabla.

COSTOS DE PREINVERSION E INVERSION A PRECIOS DEL MERCADO	
ALTERNATIVA 1 (RELLENO SANITARIO + PLANTA DE TMB)	
INVERSIONES	VALOR
Costos de pre inversión	\$ 114.388.750,00
Acondicionamiento exterior del sitio	\$ 1.079.829.800,00
Acondicionamiento general del sitio	\$ 2.045.511.162,50
Unidad de Compostaje y reciclaje	\$26.516.219.670,00
Relleno sanitario	\$ 3.976.602.815,00
Imprevistos	\$ 1.105.110.675,00
Gastos generales	\$ 1.833.617.057,50
Total Inversiones	\$36.671.279.930,00

Tabla 21. Costos de inversión y pre inversión a precios del mercado (Alternativa 1)
Fuente: Este estudio

17.2 Alternativa 2

Una planta de TMB ubicada en Popayán o en su área metropolitana que trate sus RSM, con la consecuente evaluación de la adecuación y construcción de un relleno sanitario Local.

17.2.1 Alternativa sin proyecto.

En este caso, se presenta una evaluación de costos de la situación actual, es decir, los costos derivados de llevar a cabo la prestación del servicio de transporte y disposición final de RS de la ciudad de Popayán, para lo cual se ha tenido en cuenta variables como: costo de personal (conductor y acompañante), costo de transporte (incluye combustible, mantenimiento de vehículos y peajes), y el correspondiente costo de disposición según se muestra en los siguientes cuadros:

COSTO ANUAL DE TRANSPORTE (\$)	
MUNICIPIO	COSTO
Popayán	\$ 3.597.965.114

Tabla 22. Costo anual de transporte municipio de Popayán
Fuente: Este estudio

COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN (PESOS)				
Municipio	Sitio de Disposición Final	Toneladas/año	Costo disposición (\$/Ton)	Total Costo disposición
Popayán	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	66988	66279	\$4.439.897.652,00

Tabla 23. Costo anual de disposición de RS municipio de Popayán
Fuente: Este estudio.

Municipio	Total costo de disposición/año	Total costo de transporte/año	Total
Popayán	\$ 4.439.897.652,00	\$ 3.597.965.114	\$ 8.037.862.765,89
TOTAL TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN	\$ 4.439.897.652,00	\$ 3.597.965.114	\$ 8.037.862.765,89

Tabla 24. Costos totales de disposición y transporte para el municipio de Popayán
Fuente: Este estudio

17.2.2 Alternativa con proyecto.

A continuación se relacionan las variables de costos e ingresos relacionados con la implementación de la planta de TMB ubicada en la ciudad de Popayán y destinada para el tratamiento de sus residuos sólidos, para lo que se tendrá en cuenta, entre otras cosas lo siguiente:

- Costos de operación de la alternativa 2, según se muestra en la siguiente tabla:

Costos de operación Alternativa 2	
Descripción	Costo
Mano de Obra	\$ 279.289.646,31
Energía Eléctrica	\$ 34.428.748,14
Combustible	\$ 149.042.156,36
Total	\$ 462.760.550,81

Tabla 25. Costos de operación alternativa 2
Fuente: Este estudio.

- Ingresos por venta de materiales (se calcula sobre un 40% de tasa de recuperación de materiales reciclables), e ingresos por venta de servicios de disposición de residuos sólidos. Se contemplara una variable de ahorro en costos de transportes debido a la menor distancia recorrida y a la inexistencia de peajes durante los recorridos que permitan depositar los residuos en el área metropolitana de Popayán.

Ingresos por ventas Alternativa 2				
Material	Tasa de Recuperación 40%	Cantidad (Ton)	\$/Ton	Subtotal
Papel	40%	2728	385000	\$1.050.184.273,60
Plásticos	40%	2698	650000	\$1.753.879.816,00
Vidrio	40%	1056	145000	\$ 153.080.977,60
Cartón	40%	892	270000	\$ 240.915.643,20
Aluminio	40%	80	2200000	\$ 176.848.320,00
Hierro	40%	496	350000	\$ 173.498.920,00
Servicio de disposición				
Residuos sólidos		66988	21246	\$1.423.227.048,00
TOTAL INGRESOS POR VENTAS				\$4.971.634.998,40

Tabla 26. Ingresos por ventas alternativa 2.
Fuente: Este estudio

- Costos de pre inversión e inversión a precios del mercado, establecido como una serie de inversiones a ser recuperadas en un tiempo de 20 años, que es el periodo establecido para el proyecto y según se relaciona en la siguiente tabla.

COSTOS DE PREINVERSION E INVERSION A PRECIOS DEL MERCADO	
ALTERNATIVA 2 (RELLENO SANITARIO + PLANTA DE TMB) POPAYAN	
INVERSIONES	VALOR
Costos de pre inversión	\$ 114.388.750,00
Acondicionamiento exterior del sitio	\$ 1.079.829.800,00
Acondicionamiento general del sitio	\$ 2.045.511.162,50
Unidad de Compostaje y reciclaje	\$26.516.219.670,00
Relleno sanitario	\$ 3.976.602.815,00
Imprevistos	\$ 1.105.110.675,00
Gastos generales	\$ 1.833.617.057,50
Total Inversiones	\$36.671.279.930,00

Tabla 27. Costos de inversión y pre inversión a precios del mercado (Alternativa 1)
Fuente: Este estudio

17.3 Alternativa 3

Una planta de TMB en Puerto Tejada que reciba todos los RSM de los municipios del proyecto y la adecuación y construcción de celdas o vasos de disposición en “El cortijo” de la ciudad de Puerto Tejada, previa actualización del Plan de Manejo Ambiental.

17.3.1 Alternativa sin proyecto.

En este caso, se presenta una evaluación de costos de la situación actual, es decir, los costos derivados de llevar a cabo la prestación del servicio de transporte y disposición final de RS de la ciudad de Popayán los demás municipios del norte del Cauca y sur del Valle, para lo cual se ha tenido en cuenta variables como: costo de personal (conductor y acompañante), costo de transporte (incluye combustible, mantenimiento de vehículos y peajes), y el correspondiente costo de disposición según se muestra en los siguientes cuadros:

COSTO ANUAL DE TRANSPORTE (\$)	
MUNICIPIO	COSTO
Popayán	\$ 3.597.965.114
Candelaria	\$ 367.411.331
Jamundí	\$ 452.248.184
Florida	\$ 302.011.749
Miranda	\$ 78.049.464

Puerto tejada	\$ 18.342.352
Corinto	\$ 88.074.091
Villa rica	\$ 68.782.886
Total	\$ 4.972.885.170

Tabla 28. Costo anual de transporte (Alternativa 3)
Fuente: Este estudio

COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN (PESOS)				
Municipio	Sitio de Disposición Final	Toneladas/año	Costo \$/Ton	Total Costo disposición
Popayán	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	66988	66279	\$ 4.439.897.652,00
Candelaria	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	15093	21246	\$ 320.665.878,00
Jamundí	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	18175	21246	\$ 386.146.050,00
Florida	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	10425	21246	\$ 221.489.550,00
Miranda	Estación de transferencia Palmaseca, Palmira Valle	2880	66279	\$ 190.883.520,00
Puerto tejada	“El cortijo”, Botadero a cielo abierto	9895	6064	\$ 60.003.280,00
Corinto	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	1850	21246	\$ 39.305.100,00
Villa rica	Relleno sanitario Colomba – Guabal Yotoco Valle	1812	21246	\$ 38.497.752,00
COSTO TOTAL DE DISPOSICION				\$ 5.696.888.782,00

Tabla 29. Costo anual de disposición (Alternativa 3)
Fuente: Este estudio

Municipio	Total costo de disposición/año	Total costo de transporte/año	Total
Popayán	\$ 4.439.897.652,00	\$ 3.597.965.114	\$ 8.037.862.766
Candelaria	\$ 320.665.878,00	\$ 367.411.331	\$ 688.077.209
Jamundí	\$ 386.146.050,00	\$ 452.248.184	\$ 838.394.234
Florida	\$ 221.489.550,00	\$ 302.011.749	\$ 523.501.299
Miranda	\$ 190.883.520,00	\$ 78.049.464	\$ 268.932.984
Puerto tejada*	\$ 60.003.280,00	\$ 18.342.352	\$ 78.345.632
Corinto	\$ 39.305.100,00	\$ 88.074.091	\$ 127.379.191
Villa rica	\$ 38.497.752,00	\$ 68.782.886	\$ 107.280.638
TOTAL TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN			\$ 10.669.773.952

Tabla 30. Costos totales de disposición y transporte (Alternativa 3)
Fuente: Este estudio

17.3.2 Alternativa con proyecto.

A continuación se relacionan las variables de costos e ingresos relacionados con la implementación de la planta de TMB ubicada en la ciudad de Puerto Tejada y destinada para el tratamiento de los residuos sólidos de todos los municipios objeto de este proyecto, para lo que se tendrá en cuenta, entre otras cosas lo siguiente:

- Costos de operación de la alternativa 3, según se muestra en la siguiente tabla:

Costos de operación Alternativa 3	
Descripción	Costo
Mano de Obra	\$ 558.579.292,62
Energía Eléctrica	\$ 65.332.800,00
Combustible	\$ 282.825.891,68
Total	\$ 906.737.984,30

Tabla 31. Costos de operación alternativa 3
Fuente: Este estudio

- Ingresos por venta de materiales (se calcula sobre un 40% de tasa de recuperación de materiales reciclables), e ingresos por venta de servicios de disposición de residuos sólidos.

Ingresos por ventas Alternativa 3				
Material	Tasa de Recuperación 40%	Cantidad (Ton)	\$/Ton	Subtotal
Papel	40%	5176	311500	\$ 1.612.400.305
Plásticos	40%	5120	429000	\$ 2.196.614.294
Vidrio	40%	2003	140000	\$ 280.473.155
Cartón	40%	1693	273000	\$ 462.246.810
Aluminio	40%	153	2100000	\$ 320.337.360
Hierro	40%	941	350000	\$ 329.235.620
Servicio de disposición				
Residuos sólidos		127118	21246	\$ 2.700.749.028
TOTAL INGRESOS VENTAS				\$ 7.902.056.573

Tabla 32. Ingresos por ventas (Alternativa 3)
Fuente: Este estudio

- Costos de pre inversión e inversión a precios del mercado, establecido como una serie de inversiones a ser recuperadas en un tiempo de 20 años, que es el periodo establecido para el proyecto y según se relaciona en la siguiente tabla.

COSTOS DE PREINVERSION E INVERSION A PRECIOS DEL MERCADO	
ALTERNATIVA 3 (RELLENO SANITARIO + PLANTA DE TMB) PUERTO TEJADA	
INVERSIONES	VALOR
Costos de pre inversión	\$ 114.388.750,00
Acondicionamiento exterior del sitio	\$ 1.079.829.800,00
Acondicionamiento general del sitio	\$ 2.045.511.162,50
Unidad de Compostaje y reciclaje	\$26.516.219.670,00
Relleno sanitario	\$ 3.976.602.815,00
Imprevistos	\$ 1.105.110.675,00
Gastos generales	\$ 1.833.617.057,50
Total Inversiones	\$36.671.279.930,00

Tabla 33. Costos de pre inversión e inversión a precios del mercado
Fuente: Este estudio

18. Evaluación y análisis de las alternativas.

El cuadro siguiente establece los costos asociados, los ingresos esperados y la utilidad o pérdida (según el caso, con proyecto – sin proyecto), de las distintas alternativas planteadas, lo mismo que el tiempo en que se recuperaría la inversión para cada uno de los casos así:

EVALUACION DE ALTERNATIVAS						
DESCRIPCION	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
	SIN PROYECTO	CON PROYECTO	SIN PROYECTO	CON PROYECTO	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
INGRESOS	\$ -	\$ 3.737.870.811	\$ -	\$ 4.971.634.998	\$ -	\$ 7.902.056.573
POR SERVICIOS DE DISPOSICIÓN	\$ -	\$ 1.277.521.980	\$ -	\$ 1.423.227.048	\$ -	\$ 2.700.749.028
POR VENTA DE MATERIALES RECICLABLES	\$ -	\$ 2.460.348.831	\$ -	\$ 3.548.407.950	\$ -	\$ 5.201.307.545
COSTOS						
COSTOS DE OPERACIÓN	\$ -	\$ 443.977.433	\$ -	\$ 462.760.551	\$ -	\$ 906.737.984
COSTO ANUAL DE TRANSPORTE	\$ 1.374.920.057	\$ 543.459.040	\$ 3.597.965.114	\$ 341.047.209	\$ 4.972.885.170	\$ 2.487.415.007
COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN	\$ 1.256.991.130	\$ 1.202.600.000	\$ 4.439.897.652	\$ 1.423.227.048	\$ 5.696.888.782	\$ 1.202.600.000
COSTOS TOTALES	\$ 2.631.911.187	\$ 2.190.036.473	\$ 8.037.862.766	\$ 2.227.034.808	\$ 10.669.773.952	\$ 4.596.752.991
UTILIDAD BRUTA	\$ (2.631.911.187)	\$ 1.547.834.337	\$ (8.037.862.766)	\$ 2.744.600.191	\$ (10.669.773.952)	\$ 3.305.303.582

COSTO DE LA INVERSION	\$ 36.671.279.930
RECUPERACION DE LA INVERSION A PRECIOS CONSTANTES (AÑOS)	
ALTERNATIVA 1	23,7 AÑOS
ALTERNATIVA 2	13,4 AÑOS
ALTERNATIVA 3	11,1 AÑOS

Aquí no se contempla los ingresos por compostaje, debido al trámite legal que se debe desarrollar para poder llevar a cabo su comercialización.

19. Conclusiones

- La gestión de los residuos sólidos constituye uno de los principales problemas que enfrentan actualmente los gobiernos locales, problemática que tiene su origen en diversos factores de índole económico, social, cultural y tecnológico. Entre tales factores que más contribuyen y agravan esa problemática están la cantidad cada vez mayor de residuos sólidos que genera la población, la crisis económica que ha obligado a mantener tarifas bajas, la falta de educación y participación sanitaria de la comunidad, y la precariedad y ausencia de un manejo adecuado de la disposición final, entre otros.
- La política de regionalización en el servicio público de aseo, adelantada por los últimos gobiernos, para los municipios pequeños, se convierte en una carga muy onerosa, derivado de los altos costos de transporte, tiempos de recorrido elevados, bajo nivel de servicio y limitación de la inversión entre otros.
- Aunque las tres alternativas generan una posible utilidad bruta al final del año, la recuperación de la inversión (en términos de tiempo y precios constantes), para la alternativa 1, Tratamiento y disposición final de RS generados en el norte del Valle y sur del Cauca ofrece una recuperación de la inversión en un periodo mayor a los veinte (20) años, lo que la hace poco atractiva.
- La mayor utilidad bruta esperada, se encuentra relacionada con la alternativa 3, en la que todos los municipios objeto del proyecto tratan y disponen sus residuos en la ciudad de Puerto Tejada.
- La ciudad de Popayán, es la localidad que tiene mayores costos asociados de transporte y disposición final, en comparación con la totalidad de los municipios que gestionan sus residuos ya sea a través de estación de transferencia o de Relleno sanitario.
- El implementar la alternativa 2, ayudaría mucho a la ciudad de Popayán en cuanto a: disminución de costos operativos, garantizar la prestación del servicio en la ciudad, mejorar el nivel de servicio, ampliar la vida útil del parque automotor, disminuir su nivel de cartera, etc.

Bibliografía

Correal, Magda ET AL. (2008), Diagnóstico sectorial plantas de aprovechamiento de residuos sólidos, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Dilewski, Gernod ET AL. (2002), Estudio de factibilidad para el empleo del tratamiento mecánico biológico en combinación con la recuperación de materiales para reciclaje y composteo, en la micro región de santa maría rayón, estado de México.

Flores, Dante ET AL. (2007), Mejoramiento y ampliación del sistema de Transporte, tratamiento y disposición final de los Residuos sólidos e implementación del sistema de Supervisión y monitoreo en la provincia de huamanga (san juan bautista, jesus nazareno, ayacucho y Carmen alto).

Marmolejo, Luis ET AL. (2011), Análisis del funcionamiento de plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del Valle del Cauca, Colombia”, revista Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Martínez S., José A. Curso básico de Ingeniería Ambiental. Memorias de clase, Especialización en Gestión de Residuos Sólidos, Universidad EAN. 2012.

Martínez S., José A. Aprovechamiento de residuos sólidos. Memorias de clase, Ingeniería Ambiental, Universidad EAN. 2013.

Rodríguez, Danilo (2009), Evaluación de planta mecanizada separadora de residuos sólidos, Estudio de pre-factibilidad.

LICENCIA DE USO - AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo CESAR IVAN MELO MINA

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 94499804 DE CALI V.

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

ANALISIS DE VIABILIDAD ECONOMICA Y FINANCIERA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar. SI NO
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

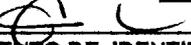
Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- A. Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- B. Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- C. Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- D. Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- E. Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- F. Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normatividad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: CESAR IVÁN MELO MORA
FIRMA: 
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 94449304 CALI
FACULTAD: POSTGRADOS
PROGRAMA ACADÉMICO: ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.

NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____

NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____

NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____

Fecha de firma: JULIO 13 DE 2013