

EVALUACIÓN FINANCIERA ASOCIADA AL PROYECTO DE  
IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LOS DESECHOS  
SÓLIDOS, SU VIABILIDAD ECONÓMICA Y LA RELACIÓN DE RIESGO-  
BENEFICIO EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

DIANA ANDREA AYALA RINCÓN  
DIANA LORENA SÁNCHEZ MALDONADO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA FINANCIERA  
Bucaramanga  
2005

EVALUACIÓN FINANCIERA ASOCIADA AL PROYECTO DE  
IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LOS DESECHOS  
SÓLIDOS, SU VIABILIDAD ECONÓMICA Y LA RELACIÓN DE RIESGO-  
BENEFICIO EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

DIANA ANDREA AYALA RINCÓN  
DIANA LORENA SÁNCHEZ MALDONADO

Proyecto de investigación  
Anteproyecto

Asesor  
Carlos Fernando Díaz Menéndez  
Docente facultad ingeniería financiera

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA FINANCIERA  
Bucaramanga  
2005

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por una vida llena de bendiciones, a mi hermano por su inmensa bondad y generosidad, a mi mama por su amor incondicional y por su dedicación absoluta, a mi papa por su amor, su ternura y sus consentimientos, gracias porque sin su ayuda nunca podría haber hecho realidad este sueño.

**Diana Lorena Sánchez Maldonado.**

A mis padres quienes fueron el soporte emocional, económico y espiritual para este proceso, a mi esposo e hija que significan el motivo por el cual hago de mis esfuerzos metas a cumplir por ellos y para ellos, a Dios por ser mi aliado y a la vida por darme la oportunidad de hacer de mis impulsos ideales de triunfo.

**Diana Andrea Ayala Rincón.**



## INDICE

1.	INTRODUCCION	1
2.	MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES POR MEDIO DE LOS RELLENOS SANITARIOS	2
2.1	LA TERRAZA	4
2.1.1	Los Sistemas De Impermeabilización	5
2.1.2	Los Sistemas De Drenaje	5
2.1.3	Obras Complementarias	5
2.1.4	Cierre Y Uso Final Del Sitio	6
2.2	LA ESCOMBRERA	6
2.3	LA PLANTA DE COMPOSTAJE	7
3.	ESTUDIO DE LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	10
3.1	ACCESO	10
3.2	FRENTE DE TRABAJO	10
3.3	RESTRICCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS	10
3.4	COMPACTACION DE LOS RESIDUOS	11
3.5	MATERIALES DE CUBIERTA DIARIA	11
3.6	CONTROL DE AGUA DE INFILTACION	11
3.7	TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	11
4.	ESTUDIO DE LA EVALUCION FINANCIERA	12
4.1	COLOMBIA: PROYECCIONES ANUALES DE POBLACION 2000 – 2009	12
4.2	COLOMBIA: PROYECCIONES ANUALES DE INFLACION 2000 – 2009	12
4.3	INGRESOS, COSTOS Y GASTOS DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR MEDIO DE LOS RELLENOS SANITARIOS	13
4.4	FLUJO DE CAJA Y ANALISIS FINANCIERO	14
4.4.1	Valor Presente Neto	14
4.4.2	Tasa Interna de Retorno	14
5.	MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES A TRAVES DE LA APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGIA	15
5.1	CORRECCION DE PH DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	17
5.2	SEPARACION MANUAL	17
5.2.1	Construcción de Hazadas	18
5.2.2	Inoculaciones micológicas	19
5.2.3	Secado	19
5.2.4	Tamizado	19
5.2.5	Otros requerimientos	20
6.	ESTUDIO DE LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	20

7.	BIOABONO	21
7.1	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGIA EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	23
8.	ESTUDIO DE LA EVALUACION FINANCIERA	24
8.1	Colombia: Proyecciones Anuales de Población 2000-2009*	24
8.2	Colombia: Proyecciones Anuales de Inflación 2000-2009*	24
8.3	INGRESOS Y COSTOS DEL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO BIOTECNOLÓGICO	25
8.4	FLUJO DE CAJA Y ANALISIS FINANCIERO	26
8.4.1	Valor presente neto	27
8.4.2	Tasa interna de retorno	27
8.4.3	Otros Indicadores	27
9.	ANALISIS DE SENSIBILIDAD	28
9.1	ESCENARIO I	28
9.1.1	FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO BIOTECNOLOGICO	28
9.2	ESCENARIO II	28
9.2.1	FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO BIOTECNOLOGICO	28
9.3	ESCENARIO III	29
9.3.1	FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO BIOTECNOLOGICO	29
9.4	CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD	29
9.4.1	FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DEL RELLENO SANITARIO	29
9.4.2	FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO BIOTECNOLOGICO	30
10.	EVALUACION ECONOMICA Y SOCIAL	31
11.	CUADRO COMPARATIVO	33
12.	CONCLUSIÓN	34
13.	BIBLIOGRAFIA	36

## 1. INTRODUCCIÒN

Conscientes de la necesidad de generar espacios que nos permitan desarrollar nuestras habilidades personales y académicas, optamos por ofrecer aportes significativos a la economía del municipio de Bucaramanga, a través de la evaluación del proyecto de la implementación de la Biotecnología en los residuos sólidos municipales.

Es vital anotar la importancia de este proyecto, ya que en este momento los entes de control ambiental tanto regional como nacional, se encuentran en la búsqueda de una solución idónea desde el punto de vista técnico y económico que permita el tratamiento de los residuos sólidos con el fin de optimizar los ingresos y minimizar los costos de la ciudad, por este efecto.

El interés de trabajar con ahínco, esfuerzo y compromiso, como muestra de una actitud emprendedora, converge en el planteamiento de una propuesta que beneficie la economía, el área financiera, el Medio ambiente, La salubridad, y la agricultura de la ciudad de Bucaramanga, con la evaluación financiera del proceso biotecnológico de los residuos sólidos municipales que favorezca la actual demanda local, obteniendo la máxima rentabilidad e identificando su impacto económico y su factibilidad aprovechando que este proyecto aún no tiene competencia en la ciudad de Bucaramanga.

Las expectativas esperadas de este proyecto de investigación son como primera medida la identificación de los resultados económicos de la aplicación Biotecnológica de los residuos sólidos municipales, así mismo ofrecer una herramienta financiera a las autoridades implicadas.

## 2. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES POR MEDIO DE LOS RELLENOS SANITARIOS

Desde que se abrió el vertedero de basuras en 1978, allí se han estado depositando antitetánicamente las basuras: se enterraba material reciclable, se realizaban quemas de basuras, se generaban fuertes olores y se permitía la filtración de líquidos producidos por la basura que llegaba a contaminar las aguas subterráneas.

En 1986 ante el requerimiento de las autoridades ambientales nacionales, las empresas públicas de Bucaramanga, entidad local encargada de la recolección y disposición de las basuras, y administradora del basurero, "El Carrasco", se ve en la necesidad de implantar un relleno sanitario que disminuya los daños ambientales que se estarían provocando.

Las empresas públicas de Bucaramanga aprovecharon la oportunidad para resolver la situación de la mejor manera. Se planeó realizar el relleno sanitario y de paso adelantar obras para que en el futuro estos terrenos pudieran ser utilizados como un gran parque natural y pulmón ecológico de la ciudad. El relleno permitiría que El Carrasco poco a poco se fuera convirtiendo en una meseta con fines recreativos.

Los primeros estudios indicaron que una de las condiciones técnicamente indispensables para desarrollar el relleno sanitario era que no existiera gente escarbando la basura. Fue en ese momento cuando se hizo evidente una situación que hasta el momento pasaba inadvertida; en el basurero vivían cerca de 150 personas que diariamente escarbaban la basura para recuperar material reciclable y venderlo, obteniendo así algún ingreso; por esto se vió la necesidad de crear en la ciudad de Bucaramanga, la cooperativa de trabajo asociado reciclaje y servicios coopreser Ltda. que la conforman alrededor de 150 personas, las cuales realizan este trabajo independientemente de la empresa municipal de aseo, es decir que sí esta cooperativa no alcanza a recolectar el 100% del reciclaje que se produce diariamente, el material que no es reciclado va a ser tratado de igual forma que los desechos orgánicos, es decir por medio de los rellenos sanitarios, esto ha perjudicado ambientalmente a Bucaramanga por ser estos materiales no biodegradables; ésta es una de las debilidades que presenta el manejo que se le está dando actualmente a los desechos sólidos.

En 1994, en virtud a la solicitud formulada por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), se inició el proceso de evaluación ambiental del sitio, realizándose un documento recopilador de los resultados. Para 1998 la C.D.M.B aprueba mediante la resolución 0753 "El Manejo Ambiental del Carrasco".

Hasta el año de 1999 se dispusieron los residuos en esta zona, donde se conformaron los residuos de forma escalonada, es decir, conformando una serie de terrazas en desechos más material de cobertura. Esta zona estaba diseñada para alcanzar una altura máxima de 865 metros, altura que alcanzó en octubre de 1999; para lo cual se diseño y construyó la Clausura.



El relleno sanitario, esta ubicado en la parte suroccidental de la ciudad de Bucaramanga, en una depresión o cañada natural dentro de los depósitos aluviales<sup>1</sup> de la terraza de Bucaramanga.

Este relleno sanitario cuenta con un área dividida por 3 cárcavas<sup>2</sup>, la cárcava I ubicada en la jurisdicción de Bucaramanga, esta compuesta por la zona 1 que en este momento se encuentra clausurada y la zona 2, donde se realizan las operaciones actualmente; la cárcava II que comparte las jurisdicciones de Bucaramanga y Girón y donde se dispuso a cielo abierto desde 1973 hasta 1985, sitio denominado en ese entonces como “Botadero Malpaso”; y la cárcava III ubicada en la jurisdicción de Girón, localizada al suroccidente del predio y en la actualidad no se ha realizado ningún tipo de intervención, encontrándose cubierta por vegetación natural.

Al Carrasco, diariamente ingresan aproximadamente 700 Toneladas de residuos sólidos, de los habitantes de Bucaramanga, Piedecuesta, Girón, Floridablanca, Rionegro, Lebrija, Suratá, Playón, Sabana de Torres, San Gil, Valle de san José, Socorro, Páramo (Santander), Barbosa, Pinchote, Confines, Palmas del socorro, Aratoca, Curití, Ocamonte, Coromoro, Cepita, Chima, Simacota, Guapota, Oiba, Santana (Boyacá), San José de Miranda, Villanueva, Suaita, Hato, Vélez, Los santos, San Benito, Molagavita y Ruitoque; donde vehículos compactadores, volquetas y camionetas, recolectan los desechos de viviendas, mercados, fábricas y parques que son recibidos y registrados en la báscula.

Al llegar al predio por primera vez, los vehículos son registrados en un software que contiene la información correspondiente a la placa, cliente, procedencia, tipo de residuos y otros datos básicos. Antes que el vehículo disponga, pasa por una plataforma de una báscula tipo camioneta, donde se registran datos en un cuadro de registro. Cuando el vehículo ha descargado su contenido, es pesado nuevamente pasando por la plataforma de salida, para registrar el peso neto de los residuos.

Finalmente se da la impresión de la factura con un valor a pagar por tonelada dispuesta (Ver Cuadro 1). Dependiendo si el cliente es mensual (contrato con la empresa) o es diario (particular), el pago se realiza en una cuenta bancaria mensual o en ventanilla de báscula, respectivamente. Siendo este el único ingreso que recibe el carrasco en este momento, ya que las demás fuentes de ingresos por disposición de las autoridades ambientales, se encuentran clausuradas.

Existen 3 partes diferentes para el proceso de descargue: La Terraza, la Escombrera y la Planta de Compostaje.

---

<sup>1</sup> Deposito arcilloso o arenoso que queda después de retirarse las aguas.

<sup>2</sup> Zanja o foso, diseñado para sepultar los residuos sólidos.

## 2.1 LA TERRAZA (Ver Imagen 1)

Es el nombre que se le da al fragmento donde se realizan los rellenos sanitarios, es allí, donde los vehículos con residuos domiciliarios, fábricas e industrias, son organizados, para que dispongan su contenido, luego de acumular los residuos de 3 o 4 vehículos, el compactador esparce y compacta la basura que posteriormente debe cubrirse con una capa de materia de cobertura (tierra) y se compacta

Imagen 1. LA TERRAZA



Nuevamente de manera que no quede ningún residuo expuesto; luego al final de la jornada se cubre toda la celda que se trabajó en el día.

CUADRO 1  
RELACIÓN TARIFARIA DE DISPOSICIÓN FINAL

	AÑO 2002	AÑO 2003	AÑO 2004	AÑO 2005
Valor tonelada	\$ 11000	\$ 12000	\$ 12800	\$ 13500

Los rellenos sanitarios son un lugar técnicamente diseñado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería. Confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados<sup>3</sup>, y cobertura final.

---

<sup>3</sup> Fluido proveniente de la descomposición de los residuos, bien sea por su propia humedad, reacción, arrastre o disolución de un solvente o agua al estar en contacto con ellos.

Este proceso debe tener unas mínimas especificaciones para el funcionamiento. Cada una de estas especificaciones tiene características detalladas para la aprobación de las autoridades ambientales.

Estas especificaciones son:

2.1.1 Los sistemas de impermeabilización. Todo relleno sanitario debe tener un sistema de impermeabilización en el fondo, debe constar de una capa de arcilla y de una geomembrana<sup>4</sup>. Las capas de arcilla deben ser construidas de materiales de suelos naturales, aunque la capa puede contener materiales procesados o materiales sintéticos y debe tener un espesor mínimo de 1 metro.

2.1.2 Los sistemas de drenaje. Todo relleno sanitario debe contar con un sistema de recolección y evacuación de aguas de escorrentía y lixiviados.

- Escorrentía: el objetivo del sistema de drenaje es interceptar y desviar las aguas lluvias que caen o penetran al predio del relleno sanitario. La absorción debe ser mínima o nula en áreas rellenas. Se debe asegurar la permanente evacuación a los causes naturales; siendo permanentes y temporales las obras de drenaje.
- Lixiviados: después de realizar la impermeabilización del fondo y de las paredes laterales, debe construirse un sistema de drenaje en el terreno, que sirva de base al relleno sanitario antes del depósito de los residuos sólidos también deben construirse drenajes en todas las bases de los taludes anteriores y exteriores de las terrazas que conforman el relleno sanitario. Este sistema de drenajes debe ser una red horizontal de zanjas de grava gruesa. Para la construcción de los drenes, debe realizarse el trazado donde se ubica el drenaje en el terreno, similar al de un sistema de alcantarillado. Las zanjas con piedras de 10 cm a 15 cm, que permitan más espacios libres, y eviten su rápida colmatación<sup>5</sup>.
- Gases: el drenaje de gases debe estar constituido por un sistema de ventilación en piedra o tubería perforada de concreto revestida en piedra, que funcione como chimeneas, las cuales atraviesan en sentido vertical todo el relleno desde el fondo hasta la superficie. Las chimeneas deben estar construidas verticalmente a medida que avanza el relleno, logrando una buena compactación a su alrededor.

2.1.3 Obras complementarias. Estas son algunas obras necesarias en el proyecto de un relleno sanitario.

- Cerco perimetral: debe construirse una cerca de alambre de púas de 1.50 metros de altura como mínimo. Se debe impedir el libre acceso del ganado al

---

<sup>4</sup> Lamina delgada y flexible producida con polietileno de alta densidad, que actúa como sellante en rellenos sanitarios.

<sup>5</sup> Relleno de una depresión o cuenca por los materiales arrastrados o depositados por el agua u otro agente de transporte.

interior del relleno. Es necesario la conformación de un cerco vivo de arboles que sirva como barrera natural.

- Caseta: se requiere la construcción de una caseta con un área aproximada de 10 a 15 metros cuadrados. Se utiliza para portería, lugar para guardar herramientas y ropa de los trabajadores.
- Instalaciones sanitarias. Debe contarse con instalaciones mínimas que aseguren la comodidad y bienestar de los trabajadores.
- Patio de maniobras: deben prepararse una zona de aproximadamente 200 metros cuadrados para que los vehículos recolectores puedan maniobrar y descargar los residuos en el frente de trabajo.

2.1.4 Cierre y uso final del sitio. Los siguientes componentes deben ser considerados en el cierre del relleno o de un sector parcial del mismo.

- Cobertura final: el sistema de cubierta debe ser diseñado y construido para la minimización de filtraciones de líquidos al relleno sanitario durante todo el período de posclausura. Debe aislar del medio ambiente los residuos sólidos rellenos. Debe conducir el agua escorrentía de manera que no desarrolle cárcavas debidas a la erosión. Debe evitar la salida de gases tóxicos en caso de que se dispongan sustancias volátiles peligrosas en el relleno sanitario. La construcción del sistema de cubierta debe tener en cuenta el asentamiento inicial y debe mantener la integridad de la capa impermeable durante los períodos de clausura y posclausura. Puede colocarse una cubierta temporal que minimice la infiltración en el relleno sanitario para que el sistema de recolección de lixiviados opere apropiadamente.

## **2.2 LA ESCOMBRERA ( Ver Imagen 2)**

Es el sitio de disposición de residuos de escombros, tierra, hojas y ramas de árboles; provenientes del área metropolitana. Se empezó a trabajar en el año 2001 con el fin de aumentar la capacidad de la zona 2 de la cárcava I, debido a que son residuos con bajo contenido de humedad, una baja producción de olores ofensivos y de lixiviados.

Imagen 2. LA ESCOMBRERA



### 2.3 LA PLANTA DE COMPOSTAJE<sup>6</sup> (Ver Imagen 3)

Fue creada a escala piloto para la transformación de residuos sólidos orgánicos que posteriormente se van a convertir en abono orgánico asimilable a plantas y suelo. A esta planta se ingresaban aproximadamente 5 toneladas diarias de

Imagen 3. LA PLANTA DE COMPOSTAJE



<sup>6</sup> Sitio en donde se realiza el Proceso mediante el cual la materia orgánica contenida en las basuras se convierte a una forma más estable, reduciendo su volumen y creando un material apto para recuperación de suelos.

Residuos provenientes de 3 plazas de mercado de Bucaramanga, que eran descargadas en una tolva<sup>7</sup> de recepción, donde se separaban los residuos orgánicos de los materiales no compostables, como vidrio, plástico y basura inorgánica.

Posteriormente eran conducidos por una banda transportadora a la máquina trituradora que los molía finamente para luego ser distribuidos en 5 pilas de concreto; ahí se mantenían durante 10 días realizándose el proceso de deshidratación y la aplicación de la bacteria descomponedora en forma líquida a cada pila 2 veces al día y aire a cada cava por medio de un motor de aireación y tubos perforados que iban hasta el fondo; luego se trasladaban manualmente a las cavas de maduración, donde permanecían de 12 a 15 días, donde se volvían a aplicar bacterias descomponedora y se aireaba cada cava de maduración.

Después se pasaba a una bodega de secado del producto final, donde se realizaban labores de volteos diarios por 25 o 30 días y por último se almacenaba en sacos, permitiendo la obtención del 20% de las toneladas que entraban en Biocompost.

En la actualidad éste proceso se cerró temporalmente por orden de la corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), debido a la deficiencia en el proceso y lugar de elaboración ya que su construcción fue hecha como un proyecto piloto y no cuenta con todos los requerimientos que exige la ley para su funcionamiento.

La Empresa Municipal de Aseo de Bucaramanga, destina una ruta de recolección de desechos por todas las plazas de mercado del área metropolitana, los cuales eran destinados para el tratamiento de Compostaje.

El compost es un producto natural, él cual se produce en un período de 6 a 8 meses, conteniendo así patógenos que afectan a los seres vivos, por ésta razón es apto solamente para utilizar en parques, por su alto grado de producción de lixiviados, por esto es prohibido para utilizar en la producción de alimentos.

Para el proceso de Compostaje hay que tener en cuenta algunas características requeridas para el buen resultado de este proceso.

- Para el procesamiento de los desechos, deben removerse del sistema los residuos sólidos con características tóxicas o que generen mala apariencia visual, elementos que aporten tóxicos orgánicos (aceites usados, insecticidas gastados, solventes orgánicos) y residuos sólidos que generan mala apariencia visual (plástico, vidrio, envases de aluminio), deben dejarse aquellos que puedan descomponerse Biológicamente o materiales biodegradables.
- En algunos casos deben hacerse ajustes de homogenización del material, es decir, deben disminuirse los residuos sólidos de tamaño mayor a 5 cm, para mejorar la descomposición y mezcla.
- Se deben hacer ajustes de humedad, ya que la humedad inicial de la mezcla debe estar entre 45% a 50%

---

<sup>7</sup> Caja abierta por abajo en la cual se echan los residuos sólidos donde van cayendo poco a poco a las bandas transportadoras.

En la actualidad, a pesar de que no se está produciendo el compost por las ya mencionadas circunstancias. La empresa municipal de aseo de Bucaramanga, está tratando de dar un mejor uso a los recursos, por esto, después de años de estudio y análisis optaron por el aprovechamiento del gas, producido por los desechos en los rellenos sanitarios.

El aprovechamiento de gas generado en el relleno sanitario puede ser recolectado a través de un sistema activo para su posterior tratamiento. Para este sistema se hace necesario el control activo del gas con chimeneas verticales y horizontales dentro del relleno sanitario para su extracción. Este sistema puede realizarse mediante el uso de: Chimeneas verticales, se instalaron chimeneas de extracción junto con sondas de gas a distancias regulares de las chimeneas, midiendo el vacío dentro del relleno mientras se aplica la succión a la chimenea de extracción. Se utiliza un espaciado uniforme de las chimeneas y se controla la zona de influencia de estas ajustando el vacío en la cabecera de cada chimenea. Para la extracción de gases es necesario tener en cuenta algunos aspectos para el relleno sanitario.

1. Los pozos de extracción son profundos y espaciarse de manera que su zona de influencia se traslape<sup>8</sup>.
2. La zona de influencia del sistema de extracción de gas se determino de un estudio de campo, instalándose un pozo de extracción con piezómetros de gas a distancias regulares del pozo. El muestreo se realizó a largo plazo para los propósitos de recuperación. El pozo se bombea por un tiempo mínimo de 48 horas y posteriormente se monitorea la presión por tres días consecutivos y como mínimas dos veces al día.
3. El gas se libera directamente a la atmósfera cuando cumple la reglamentación ambiental vigente.
4. Para la conexión de los pozos de extracción al soplador se instalaron tuberías plásticas no perforadas, se protegieron contra aplastamiento y asentamiento.
5. El soplador se instaló a una altura ligeramente superior del final de la tubería plástica no perforada para facilitar la remoción del condensado.
6. El condensado necesita removerse antes de que el gas entre al soplador. Las trampas de condensado son espaciadas entre 150 metros a 230 metros, si los parámetros en el condensado exceden las concentraciones permitidas.

Después de tener en cuenta estas consideraciones se hizo posible el procesamiento de gas y la recuperación de energía.

Resultando finalmente el Biogas, que es una mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable de las basuras.

---

<sup>8</sup> Cubrir una cosa a otra de modo más o menos completo.

### 3. ESTUDIO DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Este estudio está destinado a identificar y evaluar los potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar la implementación, operación, futuro inducido, mantenimiento y abandono de un proyecto, obra o actividad, con el fin de establecer las correspondientes medidas para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos e incentivar los positivos.

Los aspectos ambientales que deben considerar los impactos asociados a los olores y los ruidos generados por el tráfico debidos a la operación del relleno sanitario.

En el caso de que se dispongan en el relleno sustancias tóxicas, se debe tener en cuenta la evaluación de la emisión de dichas sustancias por el relleno y el efecto que puedan tener sobre la salud pública de las personas que habitan en los alrededores del relleno sanitario.

Para el control de estos aspectos ambientales, se debe instrumentar un programa de monitoreo ambiental, el cual debe incluir medición y control de los impactos generados en el sitio de disposición final. El cumplimiento de este programa asegura la adecuada operación del relleno sanitario.

Para la operación de los rellenos sanitarios son necesarios para asegurar la protección de la salud humana y el ambiente, los siguientes aspectos:

3.1 Acceso. El acceso al relleno sanitario debe estar indicado y enunciado con carteles diagramados, las barreras y casillas de control de ingreso y vigilancia.

3.2 Frente de trabajo. La operatividad del frente de trabajo debe ser continua en cualquier época del año. En los casos de operación nocturna el frente debe estar iluminado en su totalidad.

3.3 Restricción e identificación de residuos. Los residuos peligrosos deben ser excluidos del relleno sanitario de los residuos sólidos municipales para proteger las aguas subterráneas de la contaminación, incompatibilidad con otros materiales del relleno y por constituir un impacto negativo a la tratabilidad del lixiviado. La gestión y el manejo de dichos residuos deben hacerse de acuerdo a los siguientes métodos empleados para excluir los residuos peligrosos del relleno sanitario.

a) Método1: Inspecciones aleatorias. Puede realizarse una inspección simple en la que el operador lleva a cabo una inspección visual de los residuos contenidos en el vehículo recolector. Si algunos de los materiales no son aceptados, por ser residuos peligrosos o por ser un residuo no conocido que constituye un nivel de riesgo, deben ser rechazados y manejados con las técnicas apropiadas.



b) Método2: control en la fuente. Si se realizan las inspecciones en la fuente, los residuos recibidos provendrán solo de las fuentes permitidas, de esta manera pueden identificarse las características de los residuos antes de ser dispuestos en el sitio.

3.4 Compactación de los residuos. Los residuos sólidos deben ser descargados en el frente de trabajo y deben esparcirse en el talud<sup>9</sup> de las celdas ya terminadas en capas sucesivas empleando una herramienta menor. La superficie superior debe nivelarse y compactarse con rodillo. Las superficies laterales deben compactarse con pisones de mano.

3.5 Materiales de cubierta diaria. Este material debe colocarse diariamente sobre los residuos para controlar vectores, pájaros y olores; evitar el contacto del agua lluvia con los residuos. El efecto visual de los residuos descubiertos, la dispersión por efecto del viento de los elementos livianos y crear una barrera cortafuego que evite que se extienda por todo el relleno, este material se coloca después de la compactación de los residuos.

3.6 Control del agua de infiltración y de escorrentía. Debe prevenirse el flujo de agua que corre hacia el relleno, el escape de contaminantes y evitarse los problemas de erosión que puedan presentarse, por esto, es necesario cumplir con un requisito de control del cual se debe determinar el tamaño de las cunetas y alcantarillas. Para esto es necesario construir canales perimetrales, que deben ubicarse gradiente arriba del relleno sanitario para evitar que el agua de escorrentía entre la unidad y gradiente abajo para recoger el agua de escorrentía de las partes cubiertas del relleno.

También es muy importante la construcción de bermas y cuencas de sedimentación.

3.7 Tratamiento de lixiviados. Todo líquido contaminante generado en el relleno sanitario debe tratarse antes de ser vertido en un cuerpo de agua, superficial o subterráneo, utilizando procesos de reconocida viabilidad técnica. Para este proceso debe tenerse en cuenta explícitamente los siguientes aspectos:

1. Toxicidad a microorganismos en caso de usarse procesos biológicos de tratamiento.
2. Formación de precipitados en tuberías, canales, válvulas, bombas, tanques y en general en toda la obra.
3. Formación de espumas. Se debe prever la forma de operación y el rendimiento para que aun en el caso de que formen, se garantice el cumplimiento de calidad.
4. Variabilidad de las características del lixiviado en el tiempo, ya que debe preverse las características físico - químicas y biológicas del lixiviado y sus cambios durante la vida útil del relleno sanitario.

---

<sup>9</sup> Declive del paramento de un muro o del suelo.

#### 4. ESTUDIO DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA

Para analizar la viabilidad de un proyecto se debe plantear si los ingresos derivados del proyecto van a ser suficientes para hacer frente a los compromisos adquiridos y en que medida ese proyecto va a ser rentables.

La evaluación para analizar los proyectos se basan normalmente en el análisis de los ingresos y los gastos relacionados con el proyecto, además de esto para evaluar la viabilidad de un proyecto se deben tener en cuenta los indicadores de: valor presente neto, la tasa interna de retorno.

Estos indicadores permiten dar una medida, más o menos ajustada de la rentabilidad que podemos obtener del proyecto y permite compararlo con el proyecto de la implementación de la Biotecnología en los residuos sólidos municipales. Por esto se hace necesario analizar desde el punto de vista financiero el manejo actual que se le da a los residuos sólidos municipales por medio de los rellenos sanitarios, con el fin de compararlo con un nuevo proyecto para el manejo de los mismos.

Para la evaluación financiera es necesario tener en cuenta algunos parámetros que nos permitan analizar de la mejor forma cada proyecto. Por esto y según la ley 142 del año 1994, por la cual se establece el régimen de servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. En el capítulo V donde se refiere a los presupuestos y contribuciones de las comisiones y la superintendencia de servicios públicos.

##### 4.1 COLOMBIA: PROYECCIONES ANUALES DE POBLACIÓN 2000-2009.\*

millones	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Habitantes	42.321.386	43.070.704	43.834.117	44.583.575	45.325.260	46.039.144	46.772.286	47.520.862	48.256.722	48.982.063
crecimiento		1,77%	1,77%	1,71%	1,66%	1,58%	1,59%	1,60%	1,55%	1,50%

##### 4.2 COLOMBIA: PROYECCIONES ANUALES DE INFLACIÓN 2000-2009.\*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
IPC	8,80%	7,70%	7,00%	6,50%	5,50%	5,20%	4,60%	4,30%	4,10%	4,00%
TASA SOCIAL						10,64%				

Fuente: DANE, Banco de la República, Revista la Nota Económica (febrero 2005)

4.3 INGRESOS, COSTOS Y GASTOS DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR MEDIO DE LOS RELLENOS SANITARIOS\*\*      \*\*      \*\*      \*\*

INGRESOS	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DISPOSICIÓN FINAL	\$2.772.047.700	\$2.980.696.451	\$3.187.910.643	\$3.373.450.416	\$3.558.492.000	\$ 3.711.507.156	\$ 3.863.678.949	\$ 4.018.226.107
	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
GASTOS	\$ 2.913.629	\$ 1.524.966	\$ 29.885.348	\$ 31.439.386	\$ 32.885.598	\$ 34.299.679	\$ 35.705.965	\$ 37.134.204
<b>GASTOS</b>	<b>\$ 2.199.069</b>	<b>\$ 859.425</b>	<b>\$ 22.885.348</b>	<b>\$ 24.075.386</b>	<b>\$ 25.182.854</b>	<b>\$ 26.265.717</b>	<b>\$ 27.342.611</b>	<b>\$ 28.436.315</b>
sueldos y salarios	\$ 416.600	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Generales	\$ 1.765.525	\$ 47.100	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
impuesto contribuciones, tasas	\$ 16.944	\$ 812.325	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
provisión protección terrenos	\$ 0	\$ 0	\$ 22.885.348	\$ 24.075.386	\$ 25.182.854	\$ 26.265.717	\$ 27.342.611	\$ 28.436.315
<b>OTROS GASTOS</b>	<b>\$ 714.560</b>	<b>\$ 665.541</b>	<b>\$ 7.000.000</b>	<b>\$ 7.364.000</b>	<b>\$ 7.702.744</b>	<b>\$ 8.033.962</b>	<b>\$ 8.363.354</b>	<b>\$ 8.697.889</b>
gastos legales	\$ 714.560	\$ 253.703	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
gtos fros reajuste monetario	\$ 0	\$ 411.838	\$ 7.000.000	\$ 7.364.000	\$ 7.702.744	\$ 8.033.962	\$ 8.363.354	\$ 8.697.889
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>\$ 2.101.081.820</b>	<b>\$ 2.898.761.118</b>	<b>\$ 3.754.804.976</b>	<b>\$ 3.950.054.835</b>	<b>\$ 4.131.757.357</b>	<b>\$ 4.309.422.924</b>	<b>\$ 4.486.109.263</b>	<b>\$ 4.665.553.634</b>
SERVICIOS PUBLICOS	\$ 2.101.081.820	\$ 2.898.761.118	\$ 3.754.804.976	\$ 3.950.054.835	\$ 4.131.757.357	\$ 4.309.422.924	\$ 4.486.109.263	\$ 4.665.553.634
<b>servicios personales</b>	<b>\$ 204.163.560</b>	<b>\$ 351.476.531</b>	<b>\$ 488.099.516</b>	<b>\$ 513.480.691</b>	<b>\$ 537.100.803</b>	<b>\$ 560.196.137</b>	<b>\$ 583.164.179</b>	<b>\$ 606.490.746</b>
sueldos de personal	\$ 81.807.245	\$ 101.513.501	\$ 126.913.203	\$ 133.512.690	\$ 139.654.273	\$ 145.659.407	\$ 151.631.443	\$ 157.696.700
otros servicios personales	\$ 122.356.315	\$ 249.963.030	\$ 361.186.313	\$ 379.968.001	\$ 397.446.529	\$ 414.536.730	\$ 431.532.736	\$ 448.794.045
<b>Generales</b>	<b>\$ 258.580.164</b>	<b>\$ 403.599.587</b>	<b>\$ 20.083.800</b>	<b>\$ 21.128.158</b>	<b>\$ 22.100.053</b>	<b>\$ 23.050.355</b>	<b>\$ 23.995.420</b>	<b>\$ 24.955.236</b>
vigilancia y seguridad	\$ 29.436.258	\$ 28.161.727	\$ 20.083.800	\$ 21.128.158	\$ 22.100.053	\$ 23.050.355	\$ 23.995.420	\$ 24.955.236
estudios y proyectos	\$ 88.990.188	\$ 316.875.498	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Reparaciones	\$ 79.620.774	\$ 6.991.778	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Otros	\$ 60.532.944	\$ 51.570.584	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Depreciaciones</b>	<b>\$ 17.785.494</b>	<b>\$ 101.781.925</b>	<b>\$ 218.113.318</b>	<b>\$ 229.455.211</b>	<b>\$ 240.010.150</b>	<b>\$ 250.330.587</b>	<b>\$ 260.594.141</b>	<b>\$ 271.017.906</b>
<b>costo bienes y Ss. Públicos</b>	<b>\$ 111.441.686</b>	<b>\$ 161.469.268</b>	<b>\$ 172.549.484</b>	<b>\$ 181.522.057</b>	<b>\$ 189.872.072</b>	<b>\$ 198.036.571</b>	<b>\$ 206.156.070</b>	<b>\$ 214.402.313</b>
manejoocial y financiero del Ss.	\$ 111.441.686	\$ 161.469.268	\$ 172.549.484	\$ 181.522.057	\$ 189.872.072	\$ 198.036.571	\$ 206.156.070	\$ 214.402.313
<b>Ordenes contratos manten.</b>	<b>\$ 257.323.603</b>	<b>\$ 76.629.703</b>	<b>\$ 26.602.050</b>	<b>\$ 27.985.357</b>	<b>\$ 29.272.683</b>	<b>\$ 30.531.408</b>	<b>\$ 31.783.196</b>	<b>\$ 33.054.524</b>
<b>Honorarios</b>	<b>\$ 107.673.715</b>	<b>\$ 152.339.873</b>	<b>\$ 54.875.151</b>	<b>\$ 57.728.659</b>	<b>\$ 60.384.177</b>	<b>\$ 62.980.697</b>	<b>\$ 65.562.905</b>	<b>\$ 68.185.422</b>
<b>servicios públicos</b>	<b>\$ 5.524.064</b>	<b>\$ 464.660</b>	<b>\$ 7.567.535</b>	<b>\$ 7.961.047</b>	<b>\$ 8.327.255</b>	<b>\$ 8.685.327</b>	<b>\$ 9.041.425</b>	<b>\$ 9.403.082</b>
<b>Otros costos oper. manten.</b>	<b>\$ 17.359.436</b>	<b>\$ 8.756.615</b>	<b>\$ 6.154.930</b>	<b>\$ 6.474.986</b>	<b>\$ 6.772.836</b>	<b>\$ 7.064.068</b>	<b>\$ 7.353.694</b>	<b>\$ 7.647.842</b>
combustibles y lubricantes	\$ 6.512.890	\$ 6.533.782	\$ 5.975.460	\$ 6.286.184	\$ 6.575.348	\$ 6.858.088	\$ 7.139.270	\$ 7.424.841
repuestos para vehiculo	\$ 9.726.546	\$ 2.004.833	\$ 179.470	\$ 188.802	\$ 197.487	\$ 205.979	\$ 214.424	\$ 223.001
Otros	\$ 1.120.000	\$ 218.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Seguros</b>	<b>\$ 2.658.156</b>	<b>\$ 7.481.894</b>	<b>\$ 4.909.254</b>	<b>\$ 5.164.535</b>	<b>\$ 5.402.104</b>	<b>\$ 5.634.394</b>	<b>\$ 5.865.404</b>	<b>\$ 6.100.021</b>
de rotura de maquinaria	\$ 2.658.156	\$ 7.481.894	\$ 3.779.846	\$ 3.976.398	\$ 4.159.312	\$ 4.338.163	\$ 4.516.027	\$ 4.696.668
otros seguros	\$ 0	\$ 0	\$ 1.129.408	\$ 1.188.137	\$ 1.242.792	\$ 1.296.232	\$ 1.349.377	\$ 1.403.352
<b>Impuestos</b>	<b>\$ 794.800</b>	<b>\$ 1.742.468</b>	<b>\$ 231.000</b>	<b>\$ 243.012</b>	<b>\$ 254.191</b>	<b>\$ 265.121</b>	<b>\$ 275.991</b>	<b>\$ 287.030</b>
Predial	\$ 794.800	\$ 1.742.468	\$ 231.000	\$ 243.012	\$ 254.191	\$ 265.121	\$ 275.991	\$ 287.030
<b>ordenes contrat. y otros Ss.</b>	<b>\$ 1.117.777.142</b>	<b>\$ 1.633.018.594</b>	<b>\$ 2.755.618.938</b>	<b>\$ 2.898.911.123</b>	<b>\$ 3.032.261.034</b>	<b>\$ 3.162.648.259</b>	<b>\$ 3.292.316.838</b>	<b>\$ 3.424.009.511</b>
Aseo	\$ 1.117.777.142	\$ 1.633.018.594	\$ 2.755.618.938	\$ 2.898.911.123	\$ 3.032.261.034	\$ 3.162.648.259	\$ 3.292.316.838	\$ 3.424.009.511

\*\* Proyecciones basadas únicamente en la IPC. Por ser empresa de servicios públicos según ley 142 de 1994, que da autonomía a la superintendencia de servicios públicos.

#### 4.4 FLUJO DE CAJA Y ANÁLISIS DE FINANCIERO

AÑO	INGRESOS	COSTOS	GASTOS	FLUJO NETO
2006	\$3.558.492.000	\$ 4.131.757.357	\$ 32.885.598	-\$ 606.150.955
2007	\$ 3.711.507.156	\$ 4.309.422.924	\$ 34.299.679	-\$ 632.215.446
2008	\$ 3.863.678.949	\$ 4.486.109.263	\$ 35.705.965	-\$ 658.136.280
2009	\$ 4.018.226.107	\$ 4.665.553.634	\$ 37.134.204	-\$ 684.461.731

**VPN = -\$ 3.057.335.229**

**TIR = 30%**

4.4.1 valor presente neto. El método del valor presente neto es muy utilizado, por su fácil aplicación y porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman en precios de hoy y así es mucho más fácil tomar una decisión. Cuando el VPN es menor a cero implica que hay una pérdida a cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero representa una ganancia; cuando el VPN es igual a cero significa que el proyecto es indiferente. Es importante resaltar que al comparar dos proyectos, es necesario evaluar el mismo número de periodos, para lograr una correcta y coherente evaluación de estos.

Así mismo se debe tener en cuenta la misma tasa de interés de al descontar los flujos de caja de cada proyecto.

En el caso de la evaluación financiera del manejo de residuos sólidos por medio de los rellenos sanitarios, el valor presente neto resulta negativo porque en su operación y funcionamiento los costos y gastos son mayores a los ingresos obtenidos por la disposición final, es decir que los ingresos de este proyecto no alcanza a suplir las necesidades requeridas para el manejo de los rellenos sanitarios.

4.4.2 tasa interna de retorno. Se define como el tipo de interés que iguala el valor presente neto a cero.

Este método consiste en encontrar una tasa de interés en la cual se cumplan las condiciones buscadas en el momento de iniciar el proyecto, la ventaja que tiene este indicador es que a diferencia del valor presente neto, no utiliza el valor de la tasa de oportunidad.

En este caso la tasa interna de retorno resultó positiva, por la naturaleza de los flujos de caja resultante de la comparación de los ingresos y los egresos del manejo de los residuos sólidos por medio de los rellenos sanitarios.

## 5. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA.

La Biotecnología se ha venido desarrollando desde el origen de la humanidad, inmersa en el anhelo humano por doblegar la naturaleza y ponerla a su servicio.

La historia de la Biotecnología puede dividirse en varios periodos. El primero corresponde a la era anterior a Pasteur<sup>10</sup>. En esta época la Biotecnología se refiere a las prácticas empíricas de selección de plantas y animales, y a la fermentación como un proceso para preservar y enriquecer el contenido proteínico de los alimentos; este período se extiende hasta la segunda mitad del siglo XIX y se caracteriza como la aplicación artesanal de una experiencia resultante de la práctica diaria.

La segunda era Biotecnológica, comienza con la identificación, por Pasteur, de los microorganismos como causa de la fermentación y el siguiente descubrimiento por parte de Buchner<sup>11</sup> de la capacidad de las enzimas, extraídas de las levaduras, de convertir azúcares en alcohol. Estos desarrollos dieron un gran impulso a la aplicación de las técnicas de fermentación en la industria alimenticia y al desarrollo industrial de productos como las levaduras, los ácidos cítricos y lácticos.

La tercera época en la historia de la Biotecnología se caracteriza por desarrollos en cierto sentido opuestos, ya que por un lado la expansión vertiginosa de la industria petroquímica tiende a desplazar los procesos Biotecnológicos de la fermentación, pero por otro, el descubrimiento de la penicilina por Fleming<sup>12</sup> en 1928, sentaría las bases para la producción en gran escala de antibióticos, a partir de comienzos de la década de los cuarenta. Un segundo desarrollo de esa época, es el comienzo de la aplicación de variedades híbridas en la zona maicera de los Estados Unidos, con espectaculares incrementos en la producción por hectárea, iniciándose así el camino hacia la “revolución verde” que alcanzaría su apogeo 30 años más tarde.

En el año 1959, inicia la publicación de la revista *compost science*, en 1981 esta se constituye y se inicia la publicación de la revista *Biocycle*. En el año 1984 un grupo de científicos colombianos se dedicaba a la investigación científica y a la práctica del Compostaje mejorado como una necesidad para el mejoramiento ambiental, la recuperación de suelos, la disminución de la contaminación ambiental del aire, las aguas y la producción de una agricultura biológica.

La diferencia aportada por la Biotecnología moderna es que actualmente el hombre no sólo sabe cómo usar las células u organismos que le ofrece la naturaleza, sino que ha aprendido a modificarlos y manipularlos en función de sus necesidades.

---

<sup>10</sup> Louis Pasteur (1822-1895). Químico y Bacteriólogo Francés.

<sup>11</sup> Ludwig Buchner (1824-1899). Filósofo y Médico alemán.

<sup>12</sup> Alexander Fleming (1881-1955). Médico y Bacteriólogo Británico.

La Biotecnología es una técnica que utiliza células vivas, cultivo de tejidos o moléculas derivadas de un organismo para obtener o modificar un producto, mejorar una planta o animal o desarrollar un microorganismo para utilizarlo con un propósito específico.

Un conocimiento más profundo de la fisiología de las plantas y su relación con el medio ambiente, permitió optimizar los fertilizantes y los pesticidas utilizados en la agricultura. Sin embargo ésta metodología implica el uso indiscriminado de pesticidas, los cuales en muchas ocasiones son tóxicos para otras especies o para el medio ambiente.

Con el objetivo de proteger mejor el medio ambiente, es necesario elaborar nuevos enfoques de industrialización sostenible. La Biotecnología ofrece la posibilidad de reducir el consumo de materias primas y de energía, así como una reducción de la contaminación y residuos reciclables y biodegradables para un nivel dado de producción industrial. La Biotecnología es una potente tecnología que permite el desarrollo de productos y procesos industriales limpios. Se han demostrado las posibilidades de las técnicas de Biorremediación<sup>13</sup> para limpiar el aire, el suelo y el agua contaminados; durante unos años se han utilizado bacterias para descontaminar los derrames de petróleo o purificar las aguas residuales.

Los estudios de la OCDE<sup>14</sup> sugieren que muchas fábricas podrían reducir el impacto medioambiental y mejorar su rentabilidad si adoptaran procesos basados en la Biotecnología.

La Biotecnología medioambiental es el uso de microorganismos vivos para el tratamiento y el control de la contaminación. El metabolismo microbiano permite a los microorganismos transformar compuestos orgánicos o inorgánicos para obtener la energía celular. Estos compuestos sufren por lo tanto, una Biotransformación<sup>15</sup> y pueden ser Biodegradados a compuestos más simples. La biodegradación<sup>16</sup> puede ser aprovechada por el hombre para obtener diferentes compuestos o productos de utilidad. Como los compuestos simples resultantes de la biodegradación son menos tóxicos, se pueden utilizar estas actividades a la Biorremediación.

Para la aplicación de la Biotecnología en los residuos sólidos, el sustrato orgánico a compostar debe manejarse así:

- Compostar una mezcla de materiales orgánicos procedentes de los residuos sólidos municipales domiciliarios.
- Triturar estos materiales orgánicos.
- Debe contener una humedad entre 40% y 70%.

---

<sup>13</sup> Proceso en el que se emplean organismos biológicos para resolver problemas específicos medioambientales, como la contaminación.

<sup>14</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos: Organización internacional intergubernamental que reúne a los países más industrializados de economía de mercado.

<sup>15</sup>

<sup>16</sup> (Descomposición Orgánica): es el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos y otros organismos.

- Se debe manejar en un área que tenga drenes y apta para el manejo de este material.

Para el proceso de producción de compost mejorado y el manejo manual provisional e integral de los residuos sólidos y por lo tanto la producción de BIOABONO comprende las siguientes operaciones:

#### 5.1 Corrección de ph de los residuos sólidos (Ver Imagen 4)

En esta operación se debe tener en cuenta qué tipo de residuos se van a manejar, si son procedentes de las basuras domiciliarias o si manejan residuos de cosechas, en el primer caso, un operario realizará la corrección de pH, para controlar la acidez que se presenta en materia orgánica en descomposición.

La corrección del pH se realiza aplicando un alcalinizante, es decir cal viva, a los residuos, en una cantidad que puede estar entre 1 y 1.5 kilos por tonelada en el momento del descargue de los residuos al área del Compostaje y la construcción de las hazadas.

Imagen 4



5.2 Operación manual



Sí los residuos que se van a manejar vienen mezclados, a cada viaje de residuos, los operarios se encargarán de realizar la separación de los materiales reciclables y no reutilizables. Este trabajo se debe realizar en máximo una hora, ya sea en maquinaria convencional para separación o en el sitio del descargue de cada volqueta.

En esta operación se debe realizar rompimiento de todas las bolsas que llegan, para de esta forma evitar la producción de gases en forma anaeróbica en las bolsas plásticas que llegan con residuos biodegradables.

Realizada la separación de estos materiales, el material no reutilizable que se genera en hospitales y centros de salud, se llevará a un incinerador o se dispondrá en un microrelleno, estos residuos están por el orden del 2% del total.

Alrededor del área del manejo del proceso, el terreno debe permanecer aseado y con aspecto agradable. Los operarios se encargaran de mantener las condiciones de humedad, alcalinidad y aireación a cada una de las hazadas ya construidas; de esta forma se erradican del sector los animales de carroña y roedores, que en otra forma de disposición de residuos sólidos municipales permanecen en estas áreas. Los pasos a seguir para el proceso biotecnológico en los residuos sólidos municipales se pueden definir así:

5.2.1 Construcción de hazadas. (Ver Imagen 5) Con el material orgánico se construyen las hazadas o pilas con una altura mínima de 3.5 metros y 4 metros de ancho, se recomienda realizar la construcción de las asadas con los residuos de 5 días, manejando mayores alturas, posteriormente se cubre con fibra de polipropileno para evitar el impacto de los vientos y las lluvias. Con estos parámetros se procede a realizar la ficha técnica de cada hazada, con el fin de realizarle un estricto seguimiento al trabajo de los microorganismos.

Imagen 5





de la hazada un hueco y se inoculan las bacterias que van en un medio de transporte liquido. Esta inoculación se hace en la cantidad que se requiere dependiendo del material que se va a manejar durante 25 días. Las bacterias y bacilos consumen los hidratos de carbono y grasas y generan temperaturas hasta de 65°C. El inóculo utilizado inicialmente, se utiliza sacando material del centro de la hazada y se vincula a la nueva hazada que se realiza en la 2ª y 3ª semana. Los controles que se deben tener en cuenta para este tipo de inoculaciones y al haber iniciado el trabajo de las bacterias y teniendo las temperaturas superiores a los 37°C, se inician los volteos con el cargador, bajando la temperatura y ocasionando una muerte a los microorganismos, por lo que se requiere una nueva inoculación, este tipo de control se realiza hasta finalizar el proceso de biodegradación.

5.2.2 Inoculaciones micológicas. Se debe realizar el mismo procedimiento de las inoculaciones bacterianas, los hongos se inoculan en medio líquido e inician el consumo de las fibras celulolíticas generando calor, logrando temperaturas de 74°C. Estos microorganismos aportan potasio al abono biológico. La actividad micológica tiene una duración de aproximadamente 20 días. Los controles de este proceso deben realizarse mínimo 3 veces por semana, hasta el final del proceso de biodegradación, en donde se debe realizar la toma de parámetros del pH, humedad y temperatura. Los volteos para inyectar el aire, generan un cambio brusco en la temperatura, por lo tanto debe realizarse de nuevo una inoculación.

5.2.3 Secado. El proceso de secado del material ya biodegradado, se realiza en forma espontánea, bajo un invernadero o cubierto con plásticos, éste proceso tiene una duración de 5 días.

5.2.4 Tamizado. (Ver Imagen 6) Mediante la utilización de zarandas o tromel mecánicos o manuales, se realiza el tamizado del producto, para obtener un BIOABONO de una textura fina, similar a tierra negra. Hasta esta operación han pasado 35 días si el material ha sido triturado o 50 días si se manejan los residuos sin triturar.

Imagen 6



polietileno como empaque interno, para mantener las condiciones de humedad y elementos que contiene y el empaque externo es un costal en polipropileno tejido. El almacenamiento se puede realizar por un período de más de un año. Con las primeras toneladas de BIOABONO producidos, los operarios de la planta se encargarán de adecuar un terreno aledaño de la planta, para sembrar productos de la región y mostrar las bondades de éste.

5.2.5 Otros requerimientos. El consumo semanal de agua para el proceso será de 0.25 m<sup>3</sup> de agua, volumen destinado a reponer el agua que se evapora de las hazadas, por efecto de las temperaturas generadas. Otros requerimientos son las maquinarias, el equipo y las obras civiles.

- Maquinaria y equipo.
  - a) retroexcavadora, la disponibilidad y número dependen de las cantidades a manejar, para este caso es necesario dos retroexcavadoras.
  - b) Herramienta general: rastrillos, palas, ganchos, carretillas, azadones, machetes, escobas.
  - c) Zaranda vibratoria – mecánica o tromel para cantidades superiores a 500 toneladas al día. Para este caso son necesarios dos tromel.
  - d) Equipo de empaque, sellado.
  - e) Bombas de inoculación.
  - f) Bandas transportadoras, electroimanes.
- Obras civiles.
  - a) Adecuación del terreno (nivelación y afirmado) con canales perimetrales.
  - b) Construcción de un horno incinerador.
  - c) Construcción de tanques para almacenamiento de agua.
  - d) Construcción de una bodega para bioabono.
  - e) Construcción de batería de baños para trabajadores.
  - f) Microrelleno para materiales inservibles (no productores de lixiviados).

## 6. ESTUDIO DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

El manejo ambiental de los residuos sólidos biodegradables provenientes de las basuras garantizan con la alcalinización y ajustes de pH, la eliminación de los olores en un 80%, igualmente se evitará la presencia de moscas, mosquitos, roedores y aves carroñeras. Estando los residuos con pH, humedad y temperatura controlados, la presencia de microorganismos patógenos se elimina en un alto porcentaje, igualmente se controla la producción de lixiviados que afectan las áreas agrícolas y fuentes hídricas de la región donde se manejan los residuos.

El adecuado control de las hazadas genera un cambio brusco de temperaturas, por lo tanto ocasiona la muerte de todo tipo de microorganismos existentes en las hazadas, de otra parte la manipulación de este material no genera problemas para los operarios. Adicionalmente los huevos de moscas, mosquitos y otros tipos

de insectos no logran incubarse en las temperaturas que se generan dentro de la hazada.

Debido a los cambios de temperaturas, se produce una pasteurización lo que garantiza que el bioabono será un producto estabilizado, sin problemas de consecución de semillas en el momento de aplicarlo a los cultivos. Estos bioabonos cuentan con registro de producción y comercialización ICA (Instituto Colombiano de Agricultura).

La biodegradación generada y acelerada por el inóculo de los microorganismos, garantiza la ausencia de patógenos debido a que estos son saprofitos, es decir que no le hacen daño al hombre, ni a los animales, ni a las plantas; igualmente se disminuye la contaminación del aire, las aguas y los suelos y además disminuye la contaminación de las aguas subterráneas.

Con la utilización del bioabono se permitirá la recuperación de los suelos agotados por la sobreexplotación a que han sido sometidos, que se clasifican como pobres hasta extremadamente pobres, con bajos rendimientos para actividades agrícolas, el bioabono les devolverá a los suelos la capacidad de retención de agua y restaurará la microflora y la microfauna activas, las cuales facilitan la asimilación de los nutrientes.

La recuperación de suelos mediante la utilización del bioabono, permitirá desarrollar programas de reforestación en períodos más cortos, mejorar y proteger las cuencas y microcuencas, y detener el ritmo acelerado de la erosión y desertificación de los suelos.

## 7. BIOABONO



En el suelo viven unos 930 millares de microorganismos por cada libra de tierra, formando parte de éstos las bacterias y hongos que descomponen la materia orgánica, haciendo posible la utilización de las plantas de los nutrimentos resultantes de ésta descomposición. Cuando se reducen las colonias de estos microorganismos, se produce un desbalance de los nutrimentos requeridos por las plantas, los cuales se espera sean aportados por el suelo. Las bacterias y los hongos juegan un papel importante en el balance nutricional de los suelos, si los microorganismos patógenos dominan la microflora del suelo, se presenta un efecto negativo en la producción agrícola.

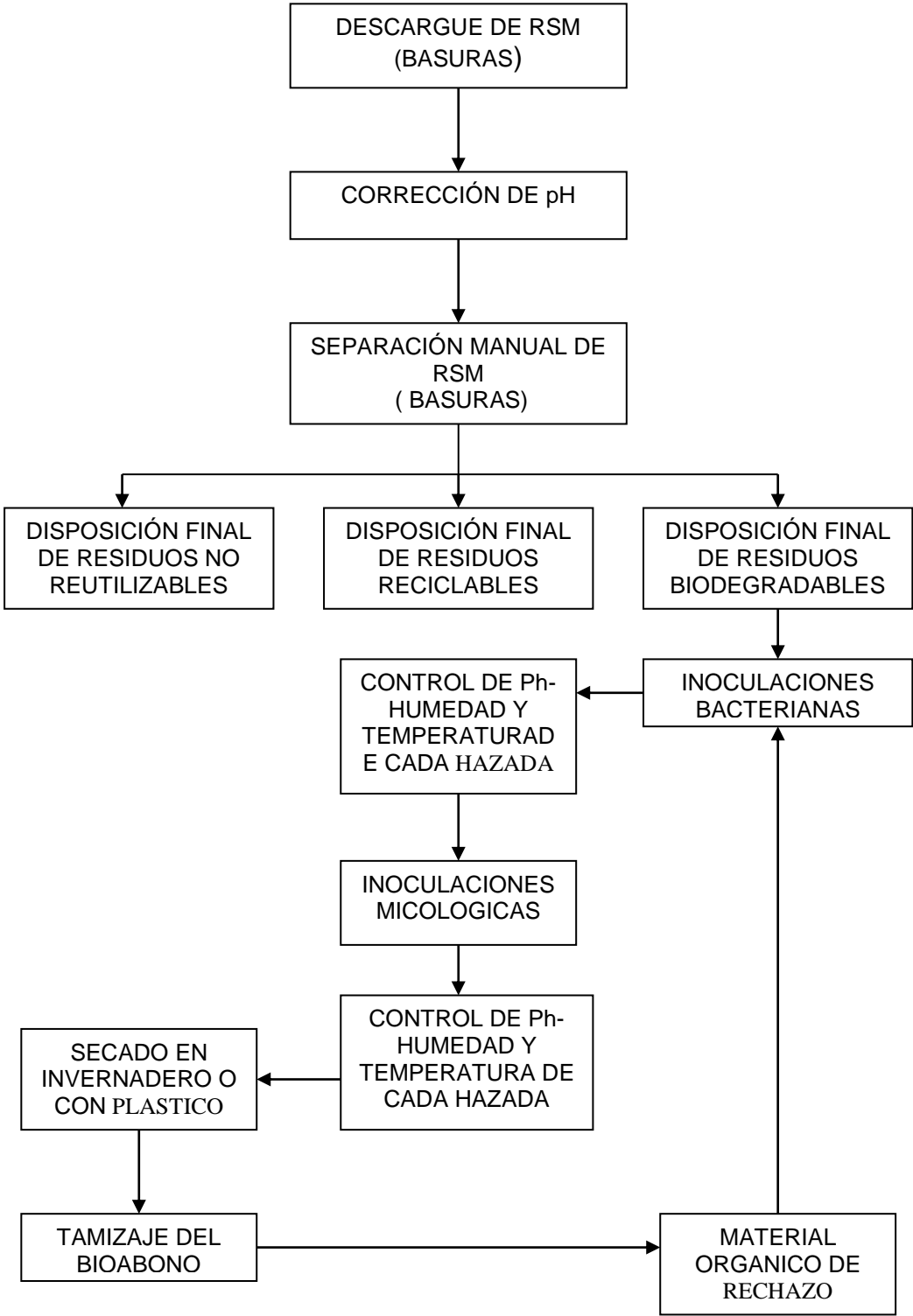
A partir de la descomposición de los residuos sólidos biodegradables, con el uso de la Biotecnología, se obtiene un bioabono de excelente calidad para la producción agropecuaria, el proceso total tarda en promedio 35 días desde la primera inoculación de los residuos sólidos biodegradables hasta cuando el material está estabilizado, listo para el tamizaje. La aplicación de bioabono al suelo, incorpora materia orgánica e inocula microorganismos que actúan como recuperadores de las condiciones del suelo, deterioradas por el uso de agroquímicos o por sobreexplotación. Los nutrimentos contenidos en el bioabono, son asimilados por las plantas entre 94 y 96%, los microorganismos oxidan el fósforo no asimilable presente en el suelo, pasándolo a fósforo asimilable por las plantas.

Actualmente producen 700 toneladas diarias de residuos sólidos, en donde se encuentran residuos de tipo orgánico, inorgánico e inutilizable, de estas 700 toneladas, aproximadamente el 60% son residuos orgánicos, y de este 60%, y el 25% de estas 420 toneladas son convertidas en Bioabono.

Para la determinación del precio de cada tonelada de bioabono en el municipio, se tuvo en cuenta el precio de la competencia, en este caso se tomo como referencia al abono compuesto ABIMGRA, producto reconocido en el departamento de Santander, este producto es vendido al publico a \$11.500 cada bulto de abono, es decir que cada tonelada se negocia a \$230.000, ya que cada tonelada contiene la cantidad de 20 bultos de producto.

Basándose en esto, se determino que el Bioabono, tendrá el mismo precio del abono compuesto ABIMGRA en el mercado.

7.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGIA EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES



## 8. ESTUDIO DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA

Para analizar la viabilidad de este proyecto se debe plantear si los ingresos derivados del proyecto van a ser suficientes para hacer frente a los compromisos adquiridos y en que medida ese proyecto va a ser rentable.

La evaluación para analizar este proyecto se basa en el análisis de los ingresos y los gastos relacionados con la implementación del proceso biotecnológico en los residuos sólidos municipales, además de esto para evaluar la viabilidad del mismo se debe tener en cuenta los indicadores de: valor presente neto, la tasa interna de retorno, el coeficiente de operación, margen operacional, costo unitario anual de aprovechamiento de residuos orgánicos y la comercialización de productos.

Estos indicadores permiten dar una medida, más o menos ajustada de la rentabilidad que podemos obtener del proyecto y permite compararlo con el actual manejo dado a los residuos sólidos municipales.

Para la evaluación financiera es necesario tener en cuenta los mismos parámetros utilizados en el análisis del manejo que hoy día esta vigente con respecto a los residuos sólidos, es decir, que para las proyecciones correspondientes para la evaluación de este proyecto se debe tener en cuenta el crecimiento demográfico y la inflación proyectada. Estos parámetros se tomaron en cuenta gracias a lo establecido en la ley 142 de 1994, en donde se dictamina el régimen de servicios públicos domiciliarios y otras disposiciones.

En este análisis es necesario tener en cuenta la relación de ingresos y costos, de implementar esta nueva tecnología, para esto se decidió proyectar estos rubros a 4 años, es decir hasta el año 2009, para tener una perspectiva más clara y coherente para la comparación de tecnologías en el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Bucaramanga.

### 8.1 Colombia: Proyecciones Anuales de Población 2000-2009\*

millones	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Habitantes	42.321.386	43.070.704	43.834.117	44.583.575	45.325.260	46.039.144	46.772.286	47.520.862	48.256.722	48.982.063
crecimiento		1,77%	1,77%	1,71%	1,66%	1,58%	1,59%	1,60%	1,55%	1,50%

### 8.2 Colombia: Proyecciones Anuales de Inflación 2000-2009\*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
IPC	8,80%	7,70%	7,00%	6,50%	5,50%	5,20%	4,60%	4,30%	4,10%	4,00%
TASA SOCIAL						10,64%				

\*Fuente: DANE, Banco de la República, Revista la Nota Económica (febrero 2005)

### 8.3 INGRESOS Y COSTOS DEL MANEJO DE R.S.M POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO BIOTECNOLÓGICO

<b>INGRESOS*</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Por Disposición final	\$3.558.492.000	\$3.711.507.156	\$ 3.863.678.949	\$ 4.018.226.107
Por Venta de Bioabono	\$ 8.694.000.000	\$ 9.067.842.000	\$ 9.439.623.522	\$ 9.817.208.463
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 12.252.492.000</b>	<b>\$ 12.779.349.156</b>	<b>\$ 13.303.302.471</b>	<b>\$ 13.835.434.570</b>

<b>COSTOS*</b>	<b>2006*</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$ 4.277.478.923</b>	<b>\$ 4.461.410.517</b>	<b>\$ 4.644.328.348</b>	<b>\$ 4.830.101.482</b>
<b>COSTOS MANO DE OBRA</b>	<b>\$ 225.145.683</b>	<b>\$ 234.826.947</b>	<b>\$ 244.454.852</b>	<b>\$ 254.233.046</b>
Jefe de Planta	\$ 18.000.000	\$ 18.774.000,00	\$ 19.543.734,00	\$ 20.325.483,36
Auxiliar de Planta	\$ 10.800.000	\$ 11.264.400,00	\$ 11.726.240,40	\$ 12.195.290,02
Obreros	\$ 35.136.000	\$ 36.646.848,00	\$ 38.149.368,77	\$ 39.675.343,52
Operarios Equipos	\$ 21.600.000	\$ 22.528.800,00	\$ 23.452.480,80	\$ 24.390.580,03
Asesor Contable	\$ 12.600.000	\$ 13.141.800,00	\$ 13.680.613,80	\$ 14.227.838,35
Vigilancia y Seguridad	\$ 5.220.000	\$ 5.444.460,00	\$ 5.667.682,86	\$ 5.894.390,17
Pruebas de Control Calidad	\$ 30.000.000	\$ 31.290.000,00	\$ 32.572.890,00	\$ 33.875.805,60
Dotación de Personal	\$ 45.000.000	\$ 46.935.000,00	\$ 48.859.335,00	\$ 50.813.708,40
Prestaciones	\$ 36.667.800	\$ 38.244.515,40	\$ 39.812.540,53	\$ 41.405.042,15
Aportes Seguridad Social	\$ 10.121.883	\$ 10.557.123,97	\$ 10.989.966,05	\$ 11.429.564,69
<b>COSTOS DE INSUMOS</b>	<b>\$ 3.541.653.240</b>	<b>\$ 3.693.944.329</b>	<b>\$ 3.845.396.047</b>	<b>\$ 3.999.211.889</b>
Bacteria	\$ 3.023.992.440	\$ 3.154.024.115	\$ 3.283.339.104	\$ 3.414.672.668
Cal Viva	\$ 423.360.000	\$ 441.564.480	\$ 459.668.624	\$ 478.055.369
Polipropileno	\$ 65.620.800	\$ 68.442.494	\$ 71.248.637	\$ 74.098.582
Empaque Bioabono	\$ 22.680.000	\$ 23.655.240	\$ 24.625.105	\$ 25.610.109
Fungibles	\$ 6.000.000	\$ 6.258.000	\$ 6.514.578	\$ 6.775.161
<b>COSTO DE ADMON Y EQUIPOS</b>	<b>\$ 510.680.000</b>	<b>\$ 532.639.240</b>	<b>\$ 554.477.449</b>	<b>\$ 576.656.547</b>
Prensa	\$ 16.800.000	\$ 17.522.400	\$ 18.240.818	\$ 18.970.451
Servicios Públicos	\$ 7.200.000	\$ 7.509.600	\$ 7.817.494	\$ 8.130.193
Microrelleno	\$ 463.680.000	\$ 483.618.240	\$ 503.446.588	\$ 523.584.451
Combustible	\$ 18.000.000	\$ 18.774.000	\$ 19.543.734	\$ 20.325.483
Mercadeo	\$ 5.000.000	\$ 5.215.000	\$ 5.428.815	\$ 5.645.968

\* Valores y precios del 2005 proyectados con la inflación proyectada del año 2006.

## 8.4 FLUJO DE CAJA Y ANÁLISIS FINANCIERO

### PRECIOS DE LOS MATERIALES

Presentación	Descripción	Costo Unidad	Consumo Tonelada	Costo Tonelada
Litro	Bacteria	\$ 133.333	0,15	\$ 20.000
Kilogramos	Cal	\$ 800	3,5	\$ 2.800
Rollo x 250M	Polipropileno	\$ 310.000	0,0014	\$ 434
Tonelada	Empaque	600	1	600

INVERSIONES ADICIONALES*	2005
INVERSIÓN INICIAL	\$ 4.394.103.000
Retroexcavadora	\$ 160.000.000
Tromell	\$ 160.000.000
Obras Civiles adicionales	\$ 4.074.103.385

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE CAJA
2006	\$ 12.252.492.000	-\$ 4.277.478.923	\$ 7.975.013.077
2007	\$ 12.779.349.156	-\$ 4.461.410.517	\$ 8.317.938.639
2008	\$ 13.303.302.471	-\$ 4.644.328.348	\$ 8.658.974.123
2009	\$ 13.835.434.570	-\$ 4.830.101.482	\$ 9.005.333.088

**VPN = \$ 18.651.885.537**

**TIR = 137,30%**

\* Fuente: Grupo Ingars Colombia; Planta de implementación de la Biotecnología en Duitama.



8.4.1 Valor presente neto. Para la determinación de este rublo, los flujos generados por el proyecto se descontaron a la tasa mínima requerida, es decir a la inflación del año 2005, el valor presente de estos flujos resulta un valor positivo, es decir que este proyecto se considera viables de ejecutar.

Para la aplicación del método de valor presente neto es necesario determinar los elementos básicos, como el valor neto de la inversión, los flujos anuales netos (beneficios y costos), la vida del proyecto y la tasa de descuento.

Para este proyecto de manejar los residuos sólidos municipales, por medio de la aplicación de la Biotecnología, el valor presente neto resulta muy atractivo, ya que a diferencia del manejo de los residuos sólidos municipales con los rellenos sanitarios, los ingresos son mayores a los costos por el beneficio adicional que representa producir y vender el Bioabono, de hecho, este método es el más recomendado por los expertos en la materia porque además de reflejar los ingresos y egresos, tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

8.4.2 Tasa interna de retorno. La TIR, es la tasa de interés a la cual debemos descontar los flujos generados por el proyecto a través de su vida económica para que estos lleguen a igualarse con la inversión. Conforme a este método de evaluación, el proyecto se considera viable, ya que su tasa interna de retorno es superior a la tasa de rendimiento mínima requerida para los proyectos, es decir la inflación del año 2005. También es importante reflejar que este método de evaluación tiene en cuenta el valor de dinero en el tiempo, que hace que el cálculo sea más real y coherente a la hora de tomar decisiones.

8.4.3 Otros indicadores. Para la óptima evaluación de este proyecto no basta con el cálculo del valor presente neto y la tasa interna de retorno, es importante resaltar, que para dar eficientes conclusiones, se debe tener en cuenta otro tipo de rublos, para dar una visión más amplia y mejor horizonte para analizar.

- **COEFICIENTE DE OPERACIÓN**

Coeficiente de operación =  $\text{costos totales} / \text{ingresos operacionales} \times 100$ .

$$\text{CO} = \$18.213.319.269 / \$37.026.099.087$$

$$\text{CO} = 49,19\%$$

El coeficiente de operación, refleja cuanta proporción hay de costos con respecto a los ingresos generados por la operación.

- **MARGEN OPERACIONAL**

Margen Operacional =  $\text{Utilidad Operacional} / \text{Ingresos operacionales} \times 100$ .

$$\text{MO} = \$14.136.883.203 / \$37.026.099.087$$

$$\text{MO} = 38,18\%$$

El Margen operacional, refleja cuanta proporción existe de utilidades resultante de la operación con respecto a los ingresos operacionales derivados del proyecto.

## 9. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Teniendo como punto de inicio y de comparación el estudio de la evaluación financiera de los rellenos sanitarios tanto como el de la implementación de la biotecnología en los desechos sólidos municipales en sus condiciones optimas, se va a analizar tres posibles escenarios donde se podría presentar cambios favorables o desfavorables para cada proyecto:

### 9.1 ESCENARIO I

Si en los años analizados se presentara un aumento del 20% en los Costos de la implementación de la Biotecnología, esto es debido a que los Costos mano de obra y los insumos presenta un aumento en los precios.

#### 9.1.1 FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO BIOTECNOLOGICO.

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO NETO
2006	\$ 12.252.492.000,00	\$ 5.132.974.707,60	\$ 7.119.517.292,40
2007	\$ 12.779.349.156,00	\$ 5.353.692.620,03	\$ 7.425.656.535,97
2008	\$ 13.303.302.471,40	\$ 5.573.194.017,45	\$ 7.730.108.453,95
2009	\$ 13.835.434.570,25	\$ 5.796.121.778,15	\$ 8.039.312.792,11

VPN= \$16.091.652.922

TIR= 121.58%

### 9.2 ESCENARIO II

Si en los años analizados se presentara una disminución del 20% en los ingresos por disposición final debido que se implanta un descuento especial en la tarifa a los camiones recolectores de RSM.

#### 9.2.1 FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO BIOTECNOLOGICO.

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO NETO
2006	\$ 11.540.793.600,00	\$ 4.277.478.923,00	\$ 7.263.314.677,00
2007	\$ 12.037.047.724,80	\$ 4.461.410.516,69	\$ 7.575.637.208,11
2008	\$ 12.530.566.681,52	\$ 4.644.328.347,87	\$ 7.886.238.333,64
2009	\$ 13.031.789.348,78	\$ 4.830.101.481,79	\$ 8.201.687.866,99

VPN= \$ 16.521.993.738  
 TIR= 124.23%

### 9.3 ESCENARIO III

Si en el proyecto de la implementación de la Biotecnología para los R.S.M. no se llegara a vender la totalidad de toneladas producida si una cierta cantidad, debido a que se produce mas cantidad a la que se necesita en el mercado.

RESIDUOS SOL/DIA	700	TONELADAS
RESIDOS ORG/DIA	420	TONEALDAS
BIOABONO	105	TONELADAS
BIOABONO	SE	
VENDEN	60	TONELADAS

#### 9.3.1 FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO BIOTECNOLOGICO.

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO NETO
2006	\$ 8,509,482,000.00	\$ 4,277,478,923.00	\$ 4,232,003,077.00
2007	\$ 8,815,823,352.00	\$ 4,431,468,164.23	\$ 4,384,355,187.77
2008	\$ 9,097,929,699.26	\$ 4,573,275,145.48	\$ 4,524,654,553.78
2009	\$ 9,370,867,590.24	\$ 4,710,473,399.85	\$ 4,660,394,190.39

VPN= \$ 9.416.449.218  
 TIR= 65.61%

### 9.4 CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Tenemos para los proyectos en situaciones óptimas los siguientes resultados:

#### 9.4.1 FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE LOS R.S.M. POR MEDIO DEL RELLENO SANITARIO.

AÑO	INGRESOS	COSTOS	GASTOS	FLUJO NETO
2006	\$ 3,558,492,000.00	\$ 4,131,757,357.15	\$ 32,885,597.86	-\$ 606,150,955.01
2007	\$ 3,711,507,156.00	\$ 4,309,422,923.51	\$ 34,299,678.56	-\$ 632,215,446.07
2008	\$ 3,863,678,949.40	\$ 4,486,109,263.37	\$ 35,705,965.39	-\$ 658,136,279.36
2009	\$ 4,018,226,107.37	\$ 4,665,553,633.91	\$ 37,134,204.00	-\$ 684,461,730.54

VPN= -\$ 3.057.335.229  
 TIR= 30%

9.4.2 FLUJO DE CAJA PARA EL MANEJO DE R.S.M. POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO BIOTECNOLOGICO.

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO NETO
2006	\$ 12.252.492.000,00	\$ 4.277.478.923,00	\$ 7.975.013.077,00
2007	\$ 12.779.349.156,00	\$ 4.461.410.516,69	\$ 8.317.938.639,31
2008	\$ 13.303.302.471,40	\$ 4.644.328.347,87	\$ 8.658.974.123,52
2009	\$ 13.835.434.570,25	\$ 4.830.101.481,79	\$ 9.005.333.088,46

VPN= \$ 18.651.885.538

TIR= 137.30%

Al presentarse un aumento en los costos de la Biotecnología vamos a observar una disminución en el VPN y de igual forma en la TIR, pero el proyecto sigue siendo rentable para el inversionista debido que a diferencia de la técnica de los Rellenos Sanitarios la Biotecnología sigue generando valor ; si observamos el escenario II donde trabajamos bajo el supuesto que los ingresos por disposición final presentara una disminución vamos a observar que el VPN manifiesta un disminución la TIR presenta el mismo comportamiento y sigue siendo rentable, pero al analizar el escenario III el cual me parece que es el mas atractivo e interesante debido que es un riesgo muy importante que debe asumir el inversionista ya que el éxito del proyecto esta en la venta del bioabono, vamos a basarnos en el supuesto que no se lograra vender 105 Toneladas de la producción del Bioabono si no 60 Toneladas donde dejaríamos de vender 45 toneladas las cuales equivalen a una disminución 43% , vamos a ver se va a presentar una disminución en el VPN en una cantidad bastante significativa de igual forma con la TIR, pero a pesar de esto sigue siendo bastante atractiva para el inversionista; con los análisis de los tres escenarios podemos lograr ver que la implementación de la Biotecnología para RSM es la mejor opción financiera, económica y social.

## 9. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL

La evaluación económica es una manera de medir y comparar los diversos beneficios de los recursos necesarios para manejar los residuos sólidos municipales, y construir un instrumento poderoso para ayudar a utilizarlos y ordenarlos más racionalmente. Mediante este método se trata de asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios obtenidos a partir de los recursos ambientales, independientemente que se disponga de valores de mercado.

Generalmente, el valor de cualquier bien o servicio se mide en función de lo que los usuarios o la sociedad en general estén dispuestos a pagar por ellos menos lo que cuesta producirlos.

Muchos de estos recursos ambientales son complejos y cumplen múltiples funciones y no siempre es evidente de qué manera estos bienes afectan el bienestar de los seres humanos. La evaluación económica constituye una herramienta que ayuda a adoptar las difíciles decisiones que ello supone

La pérdida de recursos ambientales es un problema económico porque desaparecen valores importantes a veces, en forma irreversible, cuando estos recursos se degradan o se pierden.

Es imposible negar que en la mayoría de los países y especialmente en Colombia las asignaciones del presupuesto de capital a los distintos ministerios y reparticiones públicas poco tengan que ver con la calidad de los proyectos que tienen en ejecución. La necesidad que tienen de gastar el presupuesto, muchas veces lleva a que algunas entidades ejecuten proyectos de escaso beneficio social que la falta de presupuesto obliga a otras a postergar la ejecución de los proyectos que si resulten de algún modo con un beneficio social.

El bienestar social de la comunidad depende de la cantidad de bienes y servicios disponibles, es decir el ingreso nacional; de la cantidad relativa de bienes y servicios recibidos por cada uno de los miembros que componen el municipio; de las libertades políticas.

Desde el punto de vista económico, ésta evaluación se limita a considerar solamente el efecto que el proyecto tiene sobre el monto y la distribución del ingreso nacional a lo largo del tiempo.

El proyecto de implementar el proceso biotecnológico en los residuos sólidos municipales, cuenta con altos beneficios sociales; como la creación de empleo que este proceso genere, ya que a pesar que este proceso es totalmente diferente al que actualmente esta en vigencia, se necesita personal capacitado y profesionales que comprendan el manejo correcto de implementar esta tecnología. Además de esto, tiene una incidencia en el incremento del ingreso municipal, de acuerdo a la venta y comercialización del Bioabono, esto supone que el abono que resulte de la producción va a ser totalmente comercializado, Y de acuerdo a las condiciones y las características de este mercado, se visualiza una excelente aceptación por parte de agricultores y comerciantes.

El ingreso financiero que actualmente se genera por el manejo de los residuos sólidos municipales está establecido por el proceso de descargue, la parte de reciclaje es manejada en forma independiente por un núcleo social el cual sobrevive en condiciones infrahumanas sin ningún tipo de protección en salud y sin ningún tipo de renta fija que se genera del mismo; algo muy importante que radica de esta metodología es que el desperdicio que se genera del volumen reciclado vs. Volumen de descargue es más del 80% lo cual amerita un sector de un área muy grande para el proceso actual. Con la Biotecnología existe una descarga normal pero se aprovecha el 60% de las mismas en condiciones técnicas y laborales completas generando un empleo digno y un perímetro social menos afectado, y algo que hay que resaltar es que esta técnica genera un ingreso económico para el sostenimiento del mismo y la generación de empleo.

En el siglo XXI todos los proyectos que se ejecutan tienen que cumplir una serie de requisitos dentro del marco ambiental, la implementación de la biotecnología mejora las condiciones existentes en el sector y el perímetro donde se lleva a cabo la disposición final de los residuos sólidos logrando aumentar el período de utilización del sector, disminuyendo los olores exhortando a la comunidad a que genere micro industrias tecnificadas alrededor de la macro industria de la Biotecnología; si observamos el sitio de disposición final en la actualidad este es un foco de malos olores, existe contaminación visual y es un centro de bajo proyección económica y social; al implementar el tratamiento de la Biotecnología para los RSM vamos a poder mejorar y controlar el medio ambiente.

## 10. CUADRO COMPARATIVO

<b>RELLENOS SANITARIOS</b>	<b>BIOTECNOLOGIA</b>
<p><b>Producción de Compostaje:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Se produce en un periodo de 6 a 8 meses.</li> <li>2- Contiene patógenos que afectan a los seres vivos.</li> <li>3- Se maneja con humedad promedio del 70% produciendo lixiviación.</li> <li>4- Apto para utilizar en parques.</li> <li>5- Prohibido para utilizar en la producción de alimentos.</li> </ol>	<p><b>Producción de Bioabono</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Se produce en un periodo de 35 a 45 días.</li> <li>2- Contiene microorganismos benéficos y se controla la microflora y la microfauna.</li> <li>3- Se maneja con humedad máxima de 36% eliminando el 90% de lixiviados.</li> <li>4- Apto para la agricultura.</li> <li>5- Beneficia la economía del agricultor.</li> </ol>
<p><b>Efectos ambientales:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Produce malos olores.</li> <li>2- No es necesario controlar el pH, la humedad y temperatura.</li> <li>3- Presenta alto grado de microorganismos patógenos.</li> <li>4- No se tiene control de los lixiviados.</li> <li>5- Requiere temperatura ambiente por lo tanto no afecta a los microorganismos.</li> <li>6- Por el poco seguimiento y control en el proceso afectan al medio ambiente.</li> </ol>	<p><b>Efectos ambientales:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Eliminación de los olores en un 80%.</li> <li>2- Para los residuos es necesario controlar el pH, humedad y temperatura.</li> <li>3- Se elimina en un alto porcentaje la presencia de microorganismos patógenos.</li> <li>4- Se controla la producción de lixiviados.</li> <li>5- En el proceso requiere cambios bruscos en la temperatura por lo tanto elimina cualquier clase de microorganismos existentes en las hazadas.</li> <li>6- La biodegradación generada disminuye la contaminación del aire, los suelos y las aguas subterráneas.</li> </ol>
<p><b>Análisis financiero:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Ingresos por disposición final para el año 2006: \$ 3.578.904.000</li> <li>2- Costos y gastos de la operación del año 2006: \$ 4.164.642.957</li> <li>3- El valor presente neto para 4 años de operación es de: -\$2.271.573.728</li> <li>4- La Tasa interna de Retorno para 4 años de operación es de: -16%</li> </ol>	<p><b>Análisis financiero:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Ingresos por disposición final y comercialización del Bioabono para el año 2006: \$12.252.492.000</li> <li>2- Costos de la operación del año 2006: \$4.277.478.923</li> <li>3- El valor presente neto para 4 años de operación es de: -\$20.329.528.919</li> <li>4- La Tasa interna de retorno para 4 años de operación es de: 89%</li> </ol>

## 12. CONCLUSIÓN

Al evaluar la viabilidad financiera del proceso biotecnológico aplicado a los desechos sólidos de la ciudad de Bucaramanga y teniendo como base el manejo que actualmente se presenta en el vertedero EL CARRASCO, se identificó claramente el proceso como hoy manejan los residuos sólidos municipales por medio de los rellenos sanitarios, así mismo se observó las ventajas y desventajas ambientales resultantes de la aplicación de este proceso, lo cual es un punto de partida para el análisis correspondiente al área financiera en donde se reflejó la mala administración que el municipio le da a los residuos sólidos, ya que, los ingresos producidos por los rellenos sanitarios no suplen las necesidades requeridas para la operación del mismo.

- La biotecnología ofrece un mejor manejo de los residuos sólidos, además de esto, las ventajas ambientales son efectivas y por lo tanto benéficas para el medio ambiente en el que se desarrolla.
- Financieramente es un proyecto viable gracias a la oportunidad de negocio que se presenta ya que aparte de los ingresos recibidos por la disposición final de los desechos se cuenta con la comercialización y venta del Bioabono producido por la aplicación del proceso biotecnológico.
- La disposición final de desechos sólidos que se maneja actualmente en Bucaramanga consiste en un proceso de recolección y disposición final con un reciclaje no tecnificado laboralmente, el cual garantiza su estabilidad económica únicamente con el pago de volumen de residuos sólidos que ingresa al sitio de disposición final.
- El proceso actual para el manejo de los residuos sólidos municipales genera un impacto social fuerte en la zona perimétrica al sitio de disposición; a tal punto que la vida útil del CARRASCO terminara en el año 2006 lo cual ha sido difícil y dispendioso para la CDMB pues debe encontrar otro sitio; y se ha manifestado la comunidad como los principales opositores.

La Biotecnología busca mejorar el entorno social con plantas productivas que garantice una opción económica para el sector.

- Todo proyecto tiene que tener un objetivo de productividad económica pero paralelamente a esto se debe involucrar el aspecto ambiental mitigando todo tipo de contaminación; este es uno de los aspectos positivos de la



biotecnología ya que se disminuyen los olores, la contaminación de aguas residuales, ect.

- El área metropolitana debe aplicar el proceso biotecnológico para el manejo óptimo de los residuos sólidos, y es el momento, ya que se está haciendo el estudio para la ubicación de un nuevo sitio de disposición final de residuos sólidos.
- En conclusión se recomienda la aplicación del proceso biotecnológico para el manejo óptimo de los residuos sólidos para Bucaramanga, ya que este proyecto ofrece beneficios sociales, financieros y ayuda en la disminución del actual problema ambiental.
- Con el proyecto de la Biotecnología vamos a obtener un mayor beneficio financiero; ya que el VPN es positivo y la TIR de igual forma generando un valor agregado al inversionista.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

Centro de estudios para la preparación y evaluación socioeconómicas de proyectos. Apuntes sobre evaluación social de proyectos. México: 1999; 472p.

<http://www.vanguardia.com>; “Biodegradación controlada, una opción para las basuras”; redacción local. Bucaramanga: 3 de marzo 2005.

[www.periodico15.com/n61\\_a3/carrazco.htm](http://www.periodico15.com/n61_a3/carrazco.htm); “Se ha convertido en una bomba de tiempo”; Hermelinda Plata Rubiano. Ingeniera ambiental, docente Universidad Pontificia Bolivariana.

<http://Members.tripod.com.co/alumnoscafredol/lecadm3.htm>; “los cambios en el plan de ordenamiento”.

Criterios de evaluación de proyectos; Nassir Sapag Chain. Madrid: Julio 1997; 143p.

Análisis de estados financieros; Oriol Amat. Ediciones gestión 2000. España: Noviembre 1994; 493p.

Evaluación de proyectos de inversión en la empresa. Nassir Sapag Chain. Prentice Hall; Buenos Aires, Argentina: Enero 2001; 412p.

Fundamentos de gerencia financiera; Stanley B. Block – Geoffrey A. Hirt. Mc Graw Hill; 9ª edición: 2001; 532p.

Evaluación Social de Proyectos. Ernesto R. Fontaine. Alfaomega; México D.F; 12ª edición. Diciembre 2000; 471p.

Evaluación de Proyectos de inversión. Alberto García Mendoza. Mc Graw Hill; México D.C. 1998; 190p.