

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA
REDUCCION DE EMISIONES Y APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL
BIOGÁS PROVENIENTE DE UN POSIBLE RELLENO SANITARIO EN LA
ESCARPA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA**

JORGE LUIS BOHORQUEZ TORRES

COD. 2063203

RODOLFO RINCON GARCÍA

COD. 2063679

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA -PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2014

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA
REDUCCION DE EMISIONES Y APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL
BIOGÁS PROVENIENTE DE UN POSIBLE RELLENO SANITARIO EN LA
ESCARPA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA**

JORGE LUIS BOHORQUEZ TORRES COD. 2063203

RODOLFO RINCON GARCÍA COD. 2063679

**Trabajo de grado presentado para optar por el título de
Ingeniero civil
Ingeniero de petróleos**

Director

WILFREDO DELTORO RODRIGUEZ

Ingeniero Civil

OSCAR VANEGAS ANGARITA

Ingeniero de Petróleos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA -PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Luis Felipe y Martha, quienes son mi principal motivación para culminar esta etapa, es el motor que me impulsa a dar nuevos pasos y por quien lograré nuevas metas; a todas y cada una de las personas que hicieron parte de mi formación personal y me ayudaron a la consolidación de este gran sueño.

Jorge Luis Bohórquez Torres

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por tenerme con vida y permitirme sacar adelante este proyecto a pesar de las adversidades presentes durante este tiempo, infinitas gracias señor y divino niño Jesús.

A mis padres, José Santos y Alcira quienes son lo más importante en mi vida y me han permitido hacer realidad este sueño dándome una oportunidad para salir adelante, el apoyo incondicional y el esfuerzo extraordinario para tenerme donde estoy que mi Dios me les de la vida y me los proteja por muchos años más.

A mis hermanos por darme un apoyo y una voz de aliento para salir adelante, a mi hermanita por tenerme paciencia y apoyarme en todo lo que estuvo a su alcance.

A mis amigos y profesores de carrera por permitirme aprender de ellos cosas excelentes y compartir días de estudio mil gracias.

RODOLFO RINCON GARCIA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Dios, quien me ha concedido la oportunidad de ser lo que soy y llegar hasta donde estoy, por guiarme e iluminarme en la toma de decisiones.

A mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación personal, por ser un ejemplo a seguir y por inculcarme tantos valores.

Al director de proyecto Wilfredo Deltoro Rodríguez por su asesoría a lo largo de este proceso.

A todo el personal docente de la Universidad Industrial de Santander, por sus valiosos conocimientos y experiencias que ayudaron en mi proceso académico.

Y finalmente a la Universidad Industrial de Santander por su formación como profesional integro.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme cada día la oportunidad de hacer las cosas y perfeccionarme para enfrentarme a la vida, que nunca me desampare y me llene de éxitos hoy y siempre.

A mi familia en general por apoyarme y estar hay en los buenos momentos como en los difíciles durante toda mi carrera y mi vida en general que Dios me los proteja y me los llene de mucha prosperidad.

A los profesores por compartir y hacer un esfuerzo increíble compartiendo su conocimiento y las labores académicas con migo muchísimas gracias por sus buenos consejos y sus buenos deseos durante la academia.

A la universidad industrial de Santander, su escuela de ingeniería de petróleos y en especial la sede Málaga por abrirme las puertas en su academia y hacer realidad este gran sueño.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. JUSTIFICACIÓN.....	23
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 OBJETIVO GENERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3. MARCO TEORICO	25
3.1 IMPACTOS A LA SALUD Y AL MEDIO AMBIENTE PRODUCTO DE UN DEFICIENTE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.	25
3.1.1 Impactos sobre la salud	25
3.1.2. Impactos sobre el ambiente natural	26
3.1.2.1. Contaminación de los recursos hídricos	26
3.1.2.2 Contaminación atmosférica:.....	27
3.1.2.3 Contaminación del suelo:.....	27
3.1.2.4. Amenazas a flora y fauna	27
3.1.2.5. Alteraciones del medio a trópico:	28
3.2. TIPOS DE RELLENO SANITARIO	28
3.2.1 Relleno sanitario método de zanja o trinchera	28
3.2.2 Relleno sanitario método de área	28
3.2.3. Relleno sanitario método de terraplén	29
3.2.4. Relleno sanitario método de barranca	29
3.2.5. Relleno sanitario por combinación de métodos	29
3.2.6. Relleno sanitario método de rampa	30

3.2.7. Relleno sanitario método de terrazas	30
3.3. EL BIOGÁS.....	30
3.3.1. Factores Asociados a la Generación de Biogás:	31
3.3.2. Aplicaciones del biogás.....	32
3.3.3. Producción De Vapor O Calor.....	32
3.3.4. Combustible Para Vehículos.....	32
3.3.5. Remoción Del Dióxido De Carbono (CO ₂):.....	32
3.4. RELLENOS SANITARIOS PRODUCTORES A NIVEL MUNDIAL.....	33
3.4.1. Relleno sanitario: Puente Hills en los Ángeles - California (USA):.....	33
3.4.2. Relleno sanitario: Salinas victoria - México:.....	33
3.4.3. Relleno sanitario: Pozo La feria – Chile:	34
3.4.4. Relleno Sanitario: De Tilburg – Holanda:	34
3.4.5. Relleno sanitario de wijster - Holanda.....	35
3.4.6. Relleno sanitario pinto y valdemingomez – España:.....	35
4. DISEÑO METODOLOGICO.....	36
4.1. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA	36
4.2. REVISIÓN DE LA NORMATIVIDAD	36
4.3. DIAGNÓSTICO LOCAL PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y PRONÓSTICO DEL INVENTARIO DE BIOGÁS	36
4.4. DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA DISEÑAR UN RELLENO SANITARIO.....	37
4.5. EVALUACIÓN FINANCIERA, ECONÓMICA DEL PROYECTO	37
5. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO	38
5.1. SELECCIÓN DEL SITIO	38
5.2. ANÁLISIS Y ESTUDIOS PARA DETERMINAR EL SITIO	40
5.3. DISEÑOS CONSTRUCTIVOS.....	41
5.3.1. Preparación del terreno:.....	42
5.3.2. Vías de acceso:	42

5.3.3. Construcción de zanjas:.....	43
5.3.4. Drenaje perimetral de aguas pluviales:.....	44
5.3.5. Drenaje del líquido percolado:	45
5.3.6. Fosa o piscina de lixiviados:	47
5.3.7. Drenaje de gases:.....	47
5.3.8. Construcción planta de tratamiento de biogás:	48
5.3.8.1. Drenaje activo:	49
5.3.8.2. Drenaje pasivo:	50
5.3.9. Componentes del sistema de extracción y control:.....	51
5.3.10. Construcciones auxiliares:	52
5.3.11. Caseta de control incluida en la oficina administrativa:.....	52
5.3.12. Vías internas de circulación:	52
5.3.13. Instalaciones de agua potable:	52
5.3.14. Instalación eléctrica a todo el complejo administrativo:	53
5.3.15. Construcción de pozo séptico	53
5.3.16. Rotulo:.....	53
5.4. MANTENIMIENTO Y OPERACION DEL RELLENO SANITARIO.	53
6. EVALUACION TECNICA DEL RELLENO SANITARIO.	54
6.1. PRODUCCIÓN DE BASURAS EN BUCARAMANGA	54
6.2. DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	57
6.3. VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	57
6.4. GENERACIÓN DE GAS DE BUCARAMANGA DE ACUERDO A LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	59
6.5. ÁREA REQUERIDA PARA EL RELLENO SANITARIO.....	60
7. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO	64
7.1. SUPUESTOS EMPLEADOS EN LA EVALUACIÓN	64
7.2. COSTOS DE INVERSIÓN	65
7.3. GASTOS DEL PROYECTO:.....	65

7.4. INGRESOS DEL PROYECTO	66
7.5. FLUJO DE CAJA	67
8. EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO	69
8.1. INDICADORES FINANCIEROS.....	70
9. CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS	73
BIBLIOGRAFIA.....	74
ANEXOS	75

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Composición del biogás (Grafica circular)	31
Figura 2. Usos del biogás	31
Figura 3. Ubicación del proyecto (área seleccionada en el recuadro)	41
Figura 4. Método de zanja o trinchera.	43
Figura 5: Método espina de pescado.....	46
Figura 6. Detalle para el Drenaje de Líquidos lixiviados	47
Figura 7. Detalle de construcción drenaje de gases	48
Figura 8: Construcción de pozos (drenaje pasivo).....	50
Figura 9. Distribución por celda de trabajo.	61
Figura 10: Distribución del área total a disponer.....	62
Figura 11. Periodo de explotación de biogás por cada celda.	67

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Proyección de Residuos anual (2013- 2018) dados en miles de toneladas, generados por los municipios más representativos.....	55
Tabla 2: Producción de residuos de Bucaramanga toneladas por año.....	56
Tabla 3. Estimación del volumen de gas que puede ser recuperado.....	67

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Presupuesto costos de Inversión (En pesos colombianos)	76
Anexo B: Cantidad de volumen explotado por año y por celda.	77
Anexo C: Ingresos por venta de Biogás. (En pesos Colombianos).....	78
Anexo D: Flujo de Caja libre. (En pesos Colombianos)	79
Anexo E: Balance General (En pesos Colombianos).....	81
Anexo F: Utilidades retenidas.	83
Anexo G: Indicadores Financieros	84
Anexo H: Liquidez.....	85
Anexo I: Rentabilidad.....	86

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES Y APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL BIOGÁS PROVENIENTE DE UN POSIBLE RELLENO SANITARIO EN LA ESCARPA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA * *

AUTORES: JORGE LUIS BOHÓRQUEZ TORRES
RODOLFO RINCÓN GARCÍA**

PALABRAS CLAVE: BIOGAS – RESIDUOS SOLIDOS URBANOS – EXPLOTACION - MEDIO AMBIENTE- RELLENO SANITARIO.

DESCRIPCION:

Para poder establecer cierta armonía entre el medio ambiente y el crecimiento socioeconómico, es necesaria la difusión e implementación de proyectos sostenibles que permitan el aprovechamiento efectivo de los recursos. Para desarrollar este tipo de proyectos es indispensable conocer a fondo los problemas ambientales que aquejan a la sociedad y promover la implementación de alternativas que mitiguen o eliminen estos problemas.

Los rellenos sanitarios son el método más adecuado para depositar los residuos sólidos urbanos y no contaminar la atmosfera, se puede producir biogás a partir de la descomposición de los residuos y darle un aprovechamiento como gas domiciliario. La aplicación de un relleno sanitario en Bucaramanga es un factor importante para solucionar la problemática que aqueja a la ciudad con respecto a donde se depositan los residuos sólidos urbanos, ya que el Carrasco se encuentra en emergencia sanitaria.

Por tal motivo, en el trabajo presentado a continuación se recopila información acerca de uno de los grandes problemas ambientales de la actualidad: los botaderos a cielo abierto. Adicionalmente, se da a conocer el funcionamiento de un sistema alternativo para la obtención de energía mediante el aprovechamiento del biogás emitido por un relleno sanitario. Luego se presentan algunas experiencias relevantes a nivel mundial captadas a través del análisis de estudios y proyectos disponibles en línea, y finalmente se hace un estudio económico que permita determinar la viabilidad del proyecto.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ciencias Físico mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos, Director: Wilfredo Deltoro Rodríguez, Ingeniero Civil. Oscar Venegas Angarita, ingeniero de petróleos.

ABSTRACT

TITLE: TECHNICAL ECONOMIC FEASIBILITY STUDY TO REDUCE EMISSIONS AND ENERGETIC UTILIZATION OF THE BIOGAS GENERATED IN THE LIKELY LANDFILL LOCATED IN THE TABLELAND OF BUCARAMANGA^{*}

AUTHOR: JORGE LUIS BOHÓRQUEZ TORRES
RODOLFO RINCÓN GARCÍA^{**}

KEYWORDS: BIOGAS – URBAN SOLID WASTE – EXPLOITATION - ENVIRONMENT – LANDFILL.

DESCRIPTION:

In order to establish a certain degree of harmony between the environment and socio-economic growth, the dissemination and implementation of sustainable projects for the effective resources use are necessary. The develop this kind of projects is essential to find out about the environmental problems that are very annoy for the society, so promote the implementation of alternatives to reduce or remove these problems.

Landfills are the most suitable method for depositing solid waste and not pollute the atmosphere, biogas can be produced from decomposition of waste and give you an advantage as domestic gas. The application of a landfill in Bucaramanga is an important factor to solve the problems that affected the city regarding with the place where de urban's solid waste are deposited, considering that the Carrasco is in environmental emergency.

Hence, this work presents gathered information about one of the major current environmental problems: the open dumps. Besides, it discloses the operation of an alternative system for the production of energy by harnessing the biogas emitted from a landfill. Later it presents some relevant global experiences captured through analysis of studies and projects available online, and finally, it's have make an economic study to know the way of the project.

^{*} Project of grade

^{**} Faculty of Mechanical Physical Sciences, School of Civil Engineering. Faculty of Engineering physicochemical. School of Petroleum Engineering, Director: Wilfredo Deltoro Rodríguez, Ingeniero Civil. Oscar Venegas Angarita, ingeniero de petróleos.

INTRODUCCIÓN

El Relleno Sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

El crecimiento de la población que ha experimentado en las últimas décadas las principales ciudades del país, debido a la concentración de actividades económicas industriales, ha propiciado una fuerte demanda de los servicios públicos, rebasando la capacidad de las autoridades para la prestación de éstos con la cantidad y calidad que se requiere. Uno de los servicios que se ve seriamente afectado por el crecimiento urbano, es el Servicio de Aseo Urbano, el cual está integrado por la recolección, barrido, tratamiento y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

La disposición final de los residuos sólidos es la última etapa del Sistema de Aseo Urbano de cualquier ciudad y está íntimamente relacionada con la preservación del ambiente, así como con la salud de la población, por lo que se le debe tratar y controlar mediante un sistema adecuado que minimice los impactos negativos hacia el entorno ecológico.

No obstante que se tiene plena conciencia de la importancia que reviste el mantener una adecuada disposición final de los RSU, en la actualidad aún

prevalece la práctica del "tiradero a cielo abierto" en la mayoría de las ciudades de nuestro país. Tal práctica consiste en el depósito incontrolado de residuos sólidos directamente en el suelo, estimulando la contaminación del aire, agua y suelo, así como generando problemas de salud pública.

El relleno sanitario, como ya se mencionó, es el método empleado para la correcta disposición de los residuos sólidos, por lo que como toda obra de ingeniería éste tiene que ser planeado y diseñado previamente para asegurar su correcta construcción y operación.

Históricamente, a nivel mundial, el relleno sanitario ha sido el método más aceptado desde un punto de vista económico para la disposición a largo plazo de los residuos sólidos generados por las comunidades humanas. Aún con la implementación de los sistemas de prevención de la generación de residuos, el reciclaje o los sistemas de procesamiento, ha permanecido el relleno sanitario como un componente imprescindible de los sistemas de Manejo de RSU.

Por lo anterior, se puede decir que el relleno sanitario, constituye el componente de mayor relevancia dentro dichos sistemas en cualquier ciudad. Y precisamente debido a esto, en la práctica se ha logrado un desarrollo impresionante en la ingeniería aplicada a este tipo de instalaciones, durante las dos últimas décadas en los países desarrollados, debido a la fuerte reglamentación ambiental que se ha establecido en dichos países.

Ahora bien, actualmente se plantea la necesidad de implantar sistemas alternos que absorban los volúmenes crecientes de residuos, desplazando el uso del relleno sanitario por considerarlo riesgoso para el ambiente. Sin embargo, la experiencia en el mundo ha demostrado que el relleno sanitario forma parte integrante de las soluciones alternativas planteadas, dado que siempre habrá que hacer algo con aquellos residuos que no pueden ser reciclados y/o que no tienen

un uso específico. De la misma manera, los materiales residuales que permanecen después que los residuos sólidos han sido sometidos a un proceso de separación en una Instalación para la Separación de Materiales o sometidos a un proceso de conversión de productos o energía, deben contar con un sitio de disposición final para su confinamiento.

Ante este panorama surge la necesidad de cubrir un rubro de vital importancia para consolidar los esfuerzos aplicados a la implementación de los sistemas de relleno sanitario, tal como la capacitación y formación de los recursos humanos que satisfagan la demanda de personal con un perfil mínimo de conocimientos que aseguren el óptimo funcionamiento de los sistemas de relleno sanitario, tal como el aprovechamiento máximo del espacio disponible, la minimización de los posibles efectos negativos hacia el ambiente y la salud de la población y la seguridad de los mismos operadores.

1. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto denominado “Estudio de pre factibilidad Técnico Económica para la reducción de emisiones y aprovechamiento energético del Biogás proveniente de un posible relleno sanitario en la escarpa de la meseta de Bucaramanga”, obedece a la necesidad de adquirir conciencia ecológica en la extracción, recolección y tratamiento de los residuos sólidos del área metropolitana de Bucaramanga, reduciendo el venteo de GRS (Gas de Relleno Sanitario) a la atmosfera; y aportar una solución a la problemática que se tiene por el cierre del relleno sanitario El Carrasco.

La utilización de GRS como combustible elimina el venteo de metano a la atmósfera y produce una reducción en el calentamiento global ya que los componentes producidos luego de la combustión (agua, monóxido y dióxido de Carbono) tienen un efecto invernadero menor (dióxido de carbono) ó nulo. En cuanto al medioambiente circundante al relleno sanitario los beneficios para la comunidad incluyen, supresión de olores típicos de los rellenos sanitarios y eliminación de potenciales explosiones a zonas aledañas ya que se evitan migraciones del gas de relleno más allá del perímetro del predio.

Por tal razón se contempla este Estudio de Pre factibilidad Técnico Económica como un sistema que ofrecerá al área metropolitana una opción viable y sostenible a largo plazo para el adecuado proceso de recolección, separación y tratamiento de los residuos sólidos, eliminando las emisiones y hacer un aprovechamiento del GRS.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un Estudio de Pre factibilidad Técnico Económica para la reducción de emisiones y aprovechamiento energético del Biogás proveniente de un posible relleno sanitario en la escarpa de la meseta de Bucaramanga, identificando las bases y principios necesarios para el diseño, evaluación y construcción del sistema de extracción, recolección y tratamiento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar los antecedentes y casos análogos que se han implementado a nivel mundial.

- ✓ Cuantificar y cualificar la emisión de gas de relleno sanitario por volumen y tipo de desecho, para pronosticar el inventario de Biogás (Metano).

- ✓ Investigar las tecnologías de punta utilizadas en diversos países para el diseño de un relleno sanitario, que permitan insertar el proyecto dentro del sistema DML (Lenguaje de Manipulación de Datos), y el marco de la UNFCCC (marco de las naciones unidas sobre el cambio climático el cual tiene como objetivo lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera).

- ✓ Establecer una serie de recomendaciones para reducir la producción de residuos sólidos, y mejorar el proceso de recolección, separación y reciclaje.

3. MARCO TEORICO

3.1 IMPACTOS A LA SALUD Y AL MEDIO AMBIENTE PRODUCTO DE UN DEFICIENTE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.

3.1.1 Impactos sobre la salud: El manejo inadecuado de los residuos puede generar significativos impactos negativos para la salud humana. Los residuos son una fuente de transmisión de enfermedades, ya sea por vía hídrica, por los alimentos contaminados por moscas y otros vectores. Si bien algunas enfermedades no pueden ser atribuidas a la exposición de los seres humanos a los residuos sólidos, el inadecuado manejo de los mismos puede crear condiciones en los hogares que aumentan la susceptibilidad a contraer dichas enfermedades. Por otro lado prácticamente no existen sitios adecuados para procesamiento y disposición de residuos tóxicos.

La disposición final de residuos a cielo abierto constituye una amenaza para la salud pública, principalmente por la proliferación de vectores. En un tiradero a cielo abierto es común la presencia de animales que se alimentan con los residuos y que muchas veces amenazan la seguridad de la aviación civil, cuando están en las proximidades de los aeropuertos.

El polvo transportado por el viento desde un tiradero a cielo abierto puede portar patógenos y materiales peligrosos. En estos sitios, durante la biodegradación o quema de la materia orgánica se generan gases orgánicos volátiles, tóxicos y algunos potencialmente carcinógenos (por ejemplo, bencina y cloruro vinílico), así como subproductos típicos de la biodegradación (metano, sulfuro de hidrógeno y bióxido de carbono). El humo generado de la quema de residuos en estos sitios constituye un importante irritante respiratorio e influye en que las poblaciones

expuestas sean mucho más susceptibles a las enfermedades respiratorias. Los residuos sólidos pueden contener sustancias orgánicas e inorgánicas perjudiciales a la salud humana, y al ambiente natural. Un gran número de enfermedades de origen biológico o químico están directamente relacionadas con los residuos y pueden transmitirse a los humanos y animales por contacto directo de los desechos o indirectamente a través de vectores.

3.1.2. Impactos sobre el ambiente natural: La importancia de los impactos ambientales asociados a los residuos sólidos depende de las condiciones particulares de la localización, geomorfología, y demás características de los medios físico, biótico y a trópico, así como las características de los materiales desechados. De una manera general el manejo de los residuos sólidos pueden producir impactos sobre las aguas, el aire, el suelo, la flora y la fauna y ecosistemas tales como:

3.1.2.1. Contaminación de los recursos hídricos: El vertimiento de residuos sólidos sin tratamiento puede contaminar las aguas superficiales o subterráneas usadas para el abastecimiento público, además de ocasionar inundaciones por obstrucción de los canales de drenaje y del alcantarillado. La contaminación de las aguas superficiales se manifiesta en forma directa con la presencia de residuos sobre los cuerpos de agua, incrementando de esta forma la carga orgánica con la consiguiente disminución de oxígeno disuelto, incorporación de nutrientes y la presencia de elementos físicos que imposibilitan usos ulteriores del recurso hídrico y comprometen severamente su aspecto estético.

En forma indirecta, la esorrentía y lixiviado provenientes de los sitios de disposición final sin tratamiento, incorpora tanto a las aguas superficiales, como a los acuíferos, los principales contaminantes caracterizados por altas concentraciones de materia orgánica y sustancias tóxicas. La contaminación de los cursos de agua puede significar la pérdida del recurso para consumo humano

o recreación, ocasionar la muerte de la fauna acuática y el deterioro del paisaje. Estos factores y las respectivas medidas de mitigación deben ser considerados en un plan de manejo eficiente de los residuos sólidos. En caso de disposición en manglares la contaminación hídrica puede ocasionar su deterioro.

3.1.2.2 Contaminación atmosférica: Los principales impactos asociados a la contaminación atmosférica son los olores molestos en las proximidades de los sitios de disposición final y la generación de gases asociados a la digestión bacteriana de la materia orgánica, y a la quema. La quema al aire libre de los residuos o su incineración sin equipos de control adecuados, genera gases y material particulado, tales como foranos, dioxinas y derivados organoclorados, problemas que se acentúan debido a la composición heterogénea de residuos con mayores tenores de plásticos.

3.1.2.3 Contaminación del suelo: La descarga y acumulación de residuos en los límites de zonas urbanas, en zonas urbanas o rurales produce impactos estéticos, malos olores y polvos irritantes. El depósito de residuos en sitios frágiles o inestables y en depresiones causadas por erosión puede ocasionar derrumbes de franjas y residencias construidas en áreas de riesgo o suelos con pendiente. Además, el suelo que subyace los desechos sólidos depositados en un tiradero a cielo abierto o en un relleno sanitario se contamina con microorganismos patógenos, metales pesados, sustancias tóxicas e hidrocarburos clorados que están presentes en el lixiviado de los desechos.

3.1.2.4. Amenazas a flora y fauna: Los impactos ambientales directos sobre la flora y fauna se encuentran asociados, en general, a la remoción de especímenes de la flora y a la perturbación de la fauna nativa durante la fase de construcción, y a la operación inadecuada de un sistema de disposición final de residuos.

3.1.2.5. Alteraciones del medio a trópico: El aspecto sociocultural tiene un papel crítico en el manejo de los residuos. Uno de los principales problemas es la falta de conciencia colectiva y/o conductas sanitarias por parte de la población para disponer sus residuos, dejándolos abandonados en calles, áreas verdes, márgenes de los ríos, playas, deteriorando así las condiciones del paisaje existente y comprometiendo a la estética y al medio. Por otro lado, la degradación ambiental conlleva costos sociales y económicos tales como la devaluación de propiedades, pérdida de turismo, y otros costos asociados, tales como, la salud de los trabajadores y de sus dependientes.

3.2. TIPOS DE RELLENO SANITARIO

El método constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la TOPOGRAFIA del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. Existen diferentes maneras para construir un relleno sanitario las cuales les expondremos a continuación.

3.2.1 Relleno sanitario método de zanja o trinchera: Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. Es de anotar que existen experiencias de excavación de trincheras hasta de 7 m de profundidad para relleno sanitario. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra

3.2.2 Relleno sanitario método de área: Este método se puede usar en cualquier tipo de terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas,

terrenos planos, depresiones y ciénagas contaminadas; un punto importante en este método para que el relleno sea económico, es que el material de cubierta debe transportarse de lugares cercanos a éste. El método es similar al de trinchera y consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compactan en capas inclinadas para formar la celda que después se cubre con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo.

3.2.3. Relleno sanitario método de terraplén: Este método es empleado en lugares donde el tipo de terreno es pantanoso, por lo que es necesario realizar un terraplén sobre el nivel del terreno, con material seco, donde puedan ser colocados, conformados y cubiertos los residuos sólidos.

3.2.4. Relleno sanitario método de barranca: El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir, la basura se vacía en la base del talud, se extiende y apisona contra él, y se recubre diariamente con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 m de espesor; se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.

3.2.5. Relleno sanitario por combinación de métodos. En algunos casos cuando las condiciones geológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas, se pueden combinar los dos métodos anteriores, por ejemplo, se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continúa con el método de área en la parte superior. Otra variación del método combinado, consiste en iniciar con un método de área, excavando el material de cubierta de la base de la rampa, formándose una trinchera, la cual servirá también para ser rellenada. Los métodos combinados son considerados los más eficientes ya que permiten ahorrar el transporte del material

de cubierta (siempre y cuando exista éste en el sitio) y aumentan la vida útil del sitio.

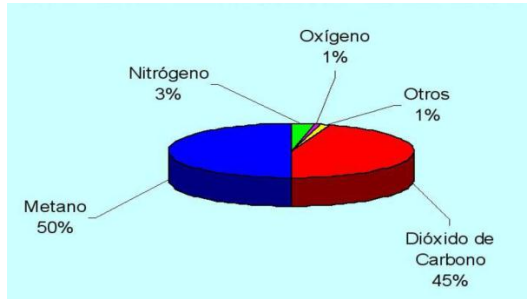
3.2.6. Relleno sanitario método de rampa: Este método es una variación del método de área, y se emplea generalmente en terrenos ondulados. Consiste básicamente en mover, conformar y compactar los residuos sobre el talud del terreno, para posteriormente ser cubierto con material inerte.

3.2.7. Relleno sanitario método de terrazas: Este sistema se emplea principalmente cuando los residuos sólidos han sido depositados en cañadas o barrancas. Es también una variante del método de área y consiste primordialmente en dividir el talud original de los residuos en dos o más secciones, dependiendo de la altura y longitud del talud; esta división se marca dejando una superficie horizontal, de manera que entre talud y talud existe un ancho de corona. En este método también es necesario mover, conformar y cubrir los residuos.

3.3. EL BIOGÁS

Los rellenos sanitarios producen biogás a medida que los materiales orgánicos se descomponen bajo condiciones anaeróbicas (sin oxígeno). El biogás se compone de partes aproximadamente equivalentes de metano y dióxido de carbono, con rastros de concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV), contaminantes atmosféricos peligrosos y otros componentes. Los dos Componentes principales del biogás, el metano y el dióxido de carbono, se consideran gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al calentamiento global, aunque el panel intergubernamental sobre cambio climático (PICC) no considera que el dióxido de carbono que se encuentra específicamente presente en el biogás sea un GEI (se le considera biogénico y por lo tanto, una parte natural del ciclo del carbono).

Figura 1. Composición del biogás (Grafica circular)



Fuente: Producción de biogás con fines energéticos, Contreras L. México, 2006.

3.3.1. Factores Asociados a la Generación de Biogás: Los principales factores que influyen sobre la producción de biogás en el tiempo son: Cantidad, calidad y edad de los desechos dispuestos. Después de un incremento rápido, la producción de 1 m³ de biogás disminuye regularmente. Según los tipos de desechos, se consideran tres tipos de velocidad de degradación del carbono:

- Degradación rápida: desechos vegetales y alimenticios, 1.5 a 2 años.
- Degradación media: desechos vegetales y alimenticios, 5 a 10 años.
- Degradación lenta: cartón, madera, cuero, 10 a 20 años o más.

Figura 2. Usos del biogás



Fuente: Energía renovable para el desarrollo sostenible en México, Secretaría de energía, México, 2006, pág. 23

3.3.2. Aplicaciones del biogás: Existen diversas opciones para la utilización del biogás. Dentro de estas destacan la producción de calor o vapor, generación de electricidad y combustible de vehículo.

3.3.3. Producción De Vapor O Calor: El uso más simple del biogás es para la obtención de energía térmica (calor). En aquellos lugares donde los combustibles son escasos, los sistemas pequeños de biogás pueden proporcionar la energía calórica para actividades básicas como cocinar y calentar agua. Los sistemas de pequeña escala también se pueden utilizar para iluminación.

3.3.4. Combustible Para Vehículos: El uso vehicular del biogás es posible y en la realidad se ha empleado desde hace bastante tiempo. Para esto, el biogás debe tener una calidad similar a la del gas natural, para usarse en vehículos que se han acondicionado para el funcionamiento con gas natural. La mayoría de vehículos de esta categoría han sido equipados con un tanque de gas y un sistema de suministro de gas, además del sistema de gasolina normal de combustible.

3.3.5. Remoción Del Dióxido De Carbono (CO₂): Un biogás enriquecido de metano es aquel que presenta una concentración de metano superior a 95%. Para alcanzar esta concentración, el CO₂ debe ser removido. El procedimiento para la remoción de CO₂ debe escogerse según los siguientes criterios:

- Concentración mínima requerida.
- Bajo consumo de material absorbente o adsorbente (fácil regeneración, estabilidad química y térmica).
- Que no genere impactos ambientales significativos.
- Que sea fácilmente disponible y a bajo costo.

Para la mayoría de las aplicaciones más simples de biogás tales como calentadores, motores de combustión interna o sistemas generadores, la remoción del CO₂ del biogás no es necesaria y el CO₂ simplemente pasa a través del

quemador o motor. Para aplicaciones más complejas de biogás, tales como vehículos, que requieren combustibles de mayor densidad, el CO₂ debe ser removido. La remoción del CO₂ incrementa el poder calorífico y genera un gas de calidad similar a la del gas natural. El CO₂ puede removerse del biogás mediante procesos de absorción o adsorción. Otros procesos disponibles son las separaciones por membrana y criogénicas.

3.4. RELLENOS SANITARIOS PRODUCTORES A NIVEL MUNDIAL.

3.4.1. Relleno sanitario: Puente Hills en los Ángeles - California (USA): El relleno sanitario puente hills, ubicado sobre una extensión 550 ha en Wittier - condado de los Ángeles- USA, recibe en promedio 9.000 ton/día de residuos. El sistema de recolección de gas que capta 27.000 p³ / min de biogás, de los cuales 32.000 p³ / día se utilizan para generar 50 MW mediante el sistema de calderas y turbinas, 1500 p³ / día para generar 2.8 MW en una turbina a gas, y 200 p³ / día se enviaran a un colegio cercano para alimentar una caldera.

Este relleno empezó a funcionar en 1957 y su vida útil concluyo en 2003. En 1998 habían recibido aproximadamente 63 Mt de RSU, y su instalación principal de generación de energía de 50 MW opera desde 1986.

3.4.2. Relleno sanitario: Salinas victoria - México: Opera cerca del área metropolitana de monterrey en (México), el cual inicio sus operaciones en septiembre de 1990 En un área de 44 ha, se dispusieron aproximadamente 7 Mt y actualmente está operando, un 45 por ciento del alumbrado público del área metropolitana está cubierta por la energía renovable que se obtiene del uso del combustible biogás, Se estima que esta zona, sin tener en cuenta futuras expansiones u otras zonas en desarrollo, producirá suficiente metano para generar 700 GWh de energía eléctrica durante toda la vida del proyecto; para ello se

instalaran equipos que permitan tener inicialmente una capacidad total instalada de 7 MW y asegurar una capacidad de operación de 6 MW, cabe resaltar que el uso de energía limpia proveniente del biogás permite a Monterrey reducir la emisión de 200 mil toneladas de gas metano al año, así como un ahorro de 5.8 millones de pesos anuales por consumo de electricidad, lo cual equivale a retirar de la circulación a 90 mil vehículos o plantar 970 hectáreas de bosque.

3.4.3. Relleno sanitario: Pozo La feria – Chile: En el relleno sanitario pozo la feria, localizado en Santiago de Chile, se explota comercialmente el biogás desde julio de 1982, el cual es suministrado a la empresa Gasvolpo S.A. empresa de producción y distribución de gas natural.

En el relleno de Rancagua de Santiago de Chile, el biogás se utiliza en forma directa como energía térmica, mediante quemadores adecuados, para el calentamiento de hornos para producir ladrillo, cerámica y cal.

De esta misma forma, en la actualidad se explota el biogás del relleno sanitario El Molle de Valparaíso, el que luego de su extracción y secado, es conducido hasta la planta de gas de la empresa Gasvalpo S.A. la cual lo incorpora a su red de distribución de gas natural.

3.4.4. Relleno Sanitario: De Tilburg – Holanda: En Tilburg, la firma Samenwerkingsverband Midden Brabant, opera una planta diseñada para tratar un volumen de 1300m³/hrs de biogás, que equivale a una producción de 1100 m³/hrs de sustituto de gas natural (SNG). El proceso se realiza en tres etapas: (i) Pre-tratamiento del biogás. (ii) separación del CO₂ y metano, y (iii) post-tratamiento del gas producido. Una vez purificado se bombea mediante un gasoducto a la red domiciliaria de gas.

En 1994, el relleno sanitario produjo cerca de 9 Mm³ de biogás, de los cuales se aprovechan 7Mm³. En otros años, se ha llegado a 12 Mm³ y una utilización de 9 M, con una producción de 4.5Mm³ de gas natural sustituto.

3.4.5. Relleno sanitario de wijster - Holanda: Este relleno sanitario produce biogás a una tasa aproximada de 4500 m³/h. se procesan solo unos 1150 m³/hr para producir 600 m³/hrs de gas natural sustituto. Tras una compresión a 7 atmosferas de presión, se remueve el H₂S, amoniaco (NH₃) en adsorción con carbón activado.

El relleno genera aproximadamente 30 millones de metros cúbicos de biogás por año, de los cuales 9 Mm³ son aprovechados para producir un volumen de 4.5 Mm³ de gas natural sustituto que son conducidos a la red domiciliaria local. Por otra parte, toda la energía consumida por la planta de limpieza de biogás, se produce mediante motores alimentados por gas sin tratar. Los excedentes se queman.

3.4.6. Relleno sanitario pinto y valdemingomez – España: Valdemin gomez opera desde 1978 en Madrid, y ha acumulado 21 Mw y producirá unos 123160 MWh al año. Tratará 140000 ton/año de residuos urbanos y 20000 ton de compost; el peso para disposición final se reducirá a 42% del recolectado.

El metano purificado de oxígeno y ácido sulfhídrico alimentara ocho generadores Jenbacher, con una potencia unitaria de 2,1 MW. La potencia instalada total es de 18 MW, que producen 1,145 GWh desde 2002 hasta 2019, cuando se agote el biogás.

4. DISEÑO METODOLOGICO

4.1. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se realizará una recopilación (búsqueda por internet y bibliotecas), y análisis de toda la información teórica y matemática referente al tema, enfocado a las tecnologías de captación, tratamiento y uso del metano proveniente de rellenos sanitarios.

4.2. REVISIÓN DE LA NORMATIVIDAD

La normatividad internacional del sistema DML y el UNFCCC será revisada, analizada y comparada con la normatividad nacional y local, para evaluar su concordancia o sugerir cambios al sistema legal y normativo interno

4.3. DIAGNÓSTICO LOCAL PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y PRONÓSTICO DEL INVENTARIO DE BIOGÁS

Se hará revisión de proyectos de ingeniería civil realizados en el Carrasco; se utilizarán los planos topográficos de la meseta de Bucaramanga y la información del Agustín Codazzi, la CDMB, y otras fuentes, con el fin de cuantificar los volúmenes que puede soportar la escarpa. Igualmente, con el fin de calcular el posible inventario y la calidad del biogás que se generará, se solicitará información de la Empresa de Aseo de Bucaramanga – EMAB, sobre los volúmenes generados por los 10 municipios de Santander que destinan sus residuos sólidos al relleno sanitario El Carrasco.

4.4. DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA DISEÑAR UN RELLENO SANITARIO

Con base en la información de las fases previas, se definirá la ubicación y las especificaciones técnicas de un relleno sanitario piloto, ajustado al sistema DML y al UNFCCC. En esta fase se realizará un pre cálculo y se construirá un prototipo.

4.5. EVALUACIÓN FINANCIERA, ECONÓMICA DEL PROYECTO

Finalmente, se estimarán las inversiones necesarias para la construcción de un relleno sanitario ajustado al sistema DML y al UNFCCC; se estimarán los ingresos por la venta de bonos de carbono, los ingresos por la generación de gas para uso domiciliario. Igualmente, se cuantificarán los beneficios económicos, ambientales y sociales de proyecto.

5. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

El diseño materializa la concepción de la obra en general, y tiene como objetivo orientar su desarrollo y planificar su construcción. Además, permite presentarlo ante las autoridades locales y la comunidad para su promoción y análisis de financiamiento para su construcción. El diseño básico debe incluir en lo posible la delimitación del área total del sitio y del terreno a ser rellenado sucesivamente, indicando el método constructivo, el origen de la tierra de cobertura y la disposición de las obras de infraestructura. Además se debe presentar un análisis donde se determine la vida útil, el uso futuro y el costo que tendrá dicho proyecto.

5.1. SELECCIÓN DEL SITIO

La selección de un sitio es el primer paso en el diseño de un relleno sanitario. La importancia de una adecuada planeación del proceso de selección es vital para asegurar que el diseño cumpla con todos los requerimientos que aseguren su adecuada ubicación y futura operación. El reconocimiento no solamente de factores técnicos, sino también de factores ambientales, económicos, sociales y políticos, es vital. El objetivo del estudio de selección de sitios es encontrar un sitio donde la disposición de los RSU pueda realizarse económicamente con el mínimo trastorno del ambiente y la salud humana. La propia norma reglamento básico de agua potable y saneamiento básico de residuos establece las especificaciones que debe reunir un sitio para la disposición de RSU. Esta norma cuenta con los siguientes elementos generales:

- Minimizar los efectos del impacto ambiental. Deben preservarse las condiciones ambientales y sanitarias del medio donde se desarrolla el relleno sanitario.
- Minimizar la distancia de transporte. Es una de los objetivos más importantes en la selección del sitio de disposición final, ya que la distancia de transporte puede afectar significativamente el diseño y la operación del sistema integrado de residuos sólidos municipales.
- Cumplir con la capacidad requerida para la vida útil del relleno sanitario. La capacidad del sitio debe ser suficientemente grande para permitir su utilización, de modo que su vida útil sea compatible con la gestión, los costos de adecuación y las obras de infraestructura.
- Tener accesibilidad al sitio. El terreno debe estar cerca a una vía principal, para que su acceso sea fácil y resulte más económico el transporte de los residuos sólidos y la construcción de las vías internas.
- Disponer de suficiente material de cobertura. Deben obtenerse datos sobre las cantidades y las características de los suelos que se van a utilizar como material de cubierta.
- Facilitar la operación de la unidad. Constituye una de las principales propiedades del sitio y se encuentra vinculada directamente a las características topográficas.
- Analizar el desarrollo del municipio en función de los requerimientos definidos en el POT (Plan de Desarrollo Territorial) y garantizar que el sitio seleccionado cumpla estos requerimientos.

- Acreditar con un documento legal, una vez que se cumplan los requisitos del numeral anterior, la propiedad sobre el terreno. El proyecto de relleno sanitario debe iniciarse solamente cuando la entidad responsable del relleno tenga en su poder el documento legal que acredite su propiedad y autorice a construirlo con sus obras complementarias.

5.2. ANÁLISIS Y ESTUDIOS PARA DETERMINAR EL SITIO

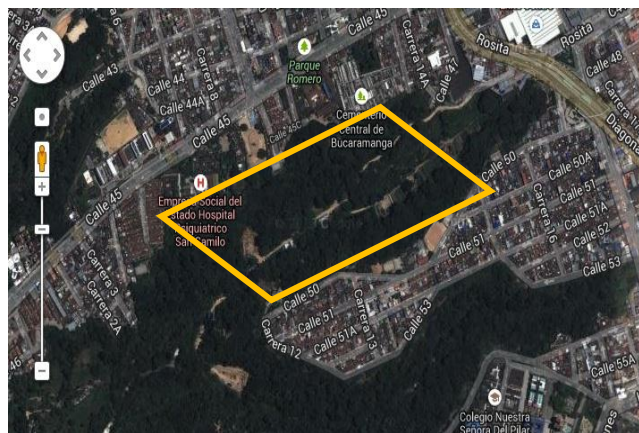
Una vez es seleccionado el sitio se deben tener en cuenta los siguientes estudios.

- Estudio topográfico
- Estudio geotécnico
- Estudio climatológico
- Temperatura
- Precipitación
- Vientos
- Estudio geológico
- Estudios hidrogeológicos
- Generación de lixiviados

Una vez realizado cada uno de los estudios de acuerdo a las condiciones establecidas en la norma “reglamento básico de agua potable y saneamiento básico de residuos RAS -2000”. En esta etapa final se debe considerar, además de los resultados del proceso de evaluación y clasificación de los sitios, las alternativas de uso del sitio terminado y determinar el uso para cada sitio potencial. El mejor sitio será aquel cuyo uso final sea acorde con los planes de desarrollo de la zona en que se asienta y además presente la mayor prioridad en la clasificación realizada previamente.

La ciudad de Bucaramanga presenta una humedad relativa de 83.4% anual, a temperatura promedio está entre un 17.5°C como mínimo y un máximo de 27.1°C, El lugar seleccionado en este estudio para depositar los residuos sólidos urbanos en Bucaramanga está ubicado a un costado de la calle 45, por la parte inferior de la diagonal 15 y a un costado del barrio candiles, esta área hace parte de la escarpa de la meseta de Bucaramanga, La cual presenta la geología adecuada para realizar este tipo de proyecto, ya que pose suelos arcillosos y aguas subterráneas a una buena profundidad no permitiendo entrar en contacto con los residuos sólidos urbanos. Por otra parte me permite atrapar el lixiviado ya que la arcilla por sus características no es permeable y no pueden migrar las aguas hacia el relleno, pero para tener una mejor certeza en la etapa constructiva se debe hacer un cubrimiento especial con un polímero de alta densidad el cual no permite que haya filtración alguna de una zona a otra.

Figura 3. Ubicación del proyecto (área seleccionada en el recuadro)



Fuente: Google maps

5.3. DISEÑOS CONSTRUCTIVOS

Esta etapa comprende los proyectos de ingeniería, paisaje y detalles de construcción; en vista de las circunstancias que las gobiernan, debe realizarse en

función de la simplicidad y rapidez necesarias para este tipo de obras, y tratando también de cumplir al máximo con los requisitos sanitarios.

- Preparación del terreno.
- Vías de acceso.
- Construcción de zanjas.
- Drenaje perimetral de aguas pluviales.
- Drenaje del líquido percolado.
- Construcción de fosas o piscinas de lixiviados.
- Drenaje de gases.
- Construcción planta tratamiento del biogás.
- Construcciones auxiliares.

5.3.1. Preparación del terreno: El objetivo de la adecuación del terreno es permitir la construcción de la infraestructura básica para recibir y disponer los Residuos Sólidos Urbanos en una forma ordenada y con el menor impacto posible, así como facilitar las obras complementarias.

Para la adecuación del terreno se deben realizar los siguientes trabajos:

Limpieza y desmonte: En el terreno se debe preparar una base o plataforma que sirva de soporte para la construcción del relleno, en ocasiones será necesaria la tala de árboles y arbustos para que no sea un impedimento durante la operación.

Nivelación: El trabajo continúa con la remoción de las primeras capas de suelo, dependiendo de la cantidad de material de cobertura disponible. Se recomienda dejar una pendiente del 2% con el fin de evitar la acumulación de aguas lluvias

5.3.2. Vías de acceso: Es importante que el relleno sanitario este situado en una vía pública principal y de uso permanente, el tiempo empleado en el transporte de

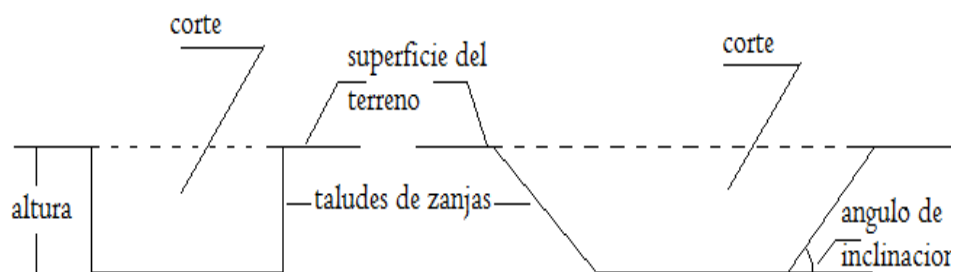
la basura debe ser más importante que la distancia existente entre el área urbana y el relleno sanitario.

La vía de acceso interno también debe reunir las condiciones mínimas que permitan el ingreso fácil y seguro a los vehículos de recolección de residuos en todas las épocas del año. La vía de acceso puede ser una carretera de 6 metros de ancho, con un buen mantenimiento durante todo el año

5.3.3. Construcción de zanjas: La zanja o celda es la unidad básica de construcción del relleno sanitario, y está constituida por la cantidad de basura que puede depositarse en ella.

Las zanjas o trincheras podrán tener forma trapezoidal, cuadrada o rectangular, dependiendo de las condiciones del suelo. La separación entre ellas será de 0,5 a un metro, según se requiera para garantizar su estabilidad mientras permanecen vacías. Por la topografía de la escarpa de Bucaramanga el sistema más adecuado para la construcción de este tipo de relleno sanitario, es el método de zanja o trincheras (ver figura 4), el cual por sus características y técnica para desarrollarse, sería la mejor opción para implementar este proyecto

Figura 4. Método de zanja o trincheras.



Para este relleno sanitario, se construirían 10 celdas o zanjas en forma trapezoidal, con una base mayor de 140 m una base menor de 100 m, una altura de 9 m y una longitud de 350 metros. Es importante aclarar que la base de terreno debe tener la pendiente necesaria para encausar los lixiviados al sistema de drenaje.

Para esta construcción, es recomendable que el movimiento de tierra se haga por etapas, dependiendo de la vida útil del sitio, así la lluvia no deteriorara el terreno ni se perderá la tierra, la cual podrá ser utilizada en el cubrimiento de las diferentes etapas de almacenamiento de las basuras.

En la nivelación del suelo de soporte y en la apertura de las trincheras o zanjas se debe emplear equipo pesado (tractor de orugas y/o retroexcavadora), puesto que las áreas a intervenir son de gran magnitud. Este equipo servirá además para la apertura del camino de acceso y las vías internas, extracción y almacenamiento de material que servirá como cobertura.

5.3.4. Drenaje perimetral de aguas pluviales: Las corrientes de agua en el área del relleno sanitario deben ser canalizadas y desviadas antes del inicio de operaciones, pues interfieren negativamente en los procesos de descomposición de la basura, su paso por los residuos sólidos aumentara el volumen de los líquidos lixiviados.

La desviación de las aguas pluviales fuera del relleno, contribuyen significativamente a la reducción del volumen del lixiviado y al mejoramiento de las condiciones de operación.

El canal deberá ser construido en los límites del relleno, que tiene como objeto la captación del escurrimiento de las aguas pluviales. La velocidad del agua dentro

de los canales no debe ser menor de 0,6 m/seg. Ni mayor de 1,8 m/seg., se recomienda dimensiones de 1m de ancho y 0,8 m de profundidad.

5.3.5. Drenaje del líquido percolado: El manejo del líquido lixiviado es uno de las mayores dificultades que se presentan en un relleno sanitario. A pesar que se ha construido canales que desvían las aguas de escurrimiento, la lluvia que cae directamente sobre la superficie aumenta el volumen del líquido.

Es importante construir un sistema de drenaje que sirva de base al relleno antes de depositar la basura; este sistema deberá retener el lixiviado en el interior del relleno para su almacenamiento indefinido. Para mayor eficiencia, es recomendable construir estos drenajes en todas las bases de los taludes interiores y exteriores.

La construcción del sistema de drenaje y almacenamiento del líquido lixiviado consiste en una red horizontal de zanjas de piedras.

Una manera de construir los drenes es la siguiente:

Se diseña en el terreno una línea por donde se ubicará el drenaje, el cual puede ser similar al de un sistema de alcantarillado (Ver figura 5).

Figura 5: Método espina de pescado

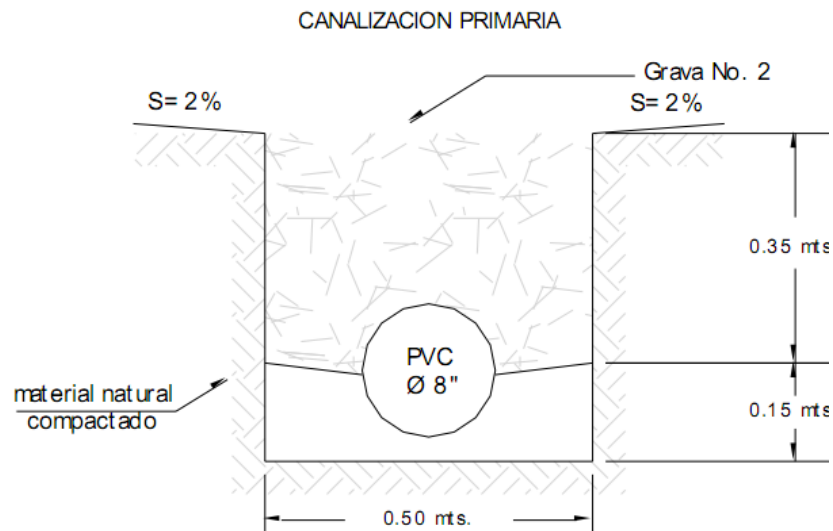


Fuente: <http://datateca.unad.edu.co/>

Se excavan las zanjas del dren principal de 0,6 metros de ancho por un metro de profundidad, y se llenan con piedras que midan entre 4 y 6 pulgadas, además se coloca sobre ellas una membrana de polipropileno, la cual permite la infiltración de los líquidos y evita el paso de partículas finas a la red de conducción de lixiviados.

Además se construye drenes verticales y perpendiculares al dren principal, los cuales adquieren cierta altura, de acuerdo a la cantidad de residuos que se van acumulando. Se debe tener en cuenta que los residuos deben ser compactados con una inclinación del 2% en dirección al dren vertical para adquirir un a velocidad de flujo adecuada.

Figura 6. Detalle para el Drenaje de Líquidos lixiviados



Fuente: Diseño y factibilidad de relleno sanitario manual para el municipio de la libertad, Universidad del Salvador, 2.010.

5.3.6. Fosa o piscina de lixiviados: La fosa o piscina de lixiviados, es el punto donde se concentran los líquidos producidos por los RSU. La llegada del lixiviado es por gravedad por tuberías y ductos, los cuales serán evaporados y en su caso re circulados al relleno sanitario.

Las dimensiones y cantidad de fosas o piscinas de lixiviados varían de acuerdo a la cantidad de líquidos producidos por los RSU.

5.3.7. Drenaje de gases: Un relleno sanitario es un digestor anaeróbico en el que, debido a la descomposición natural de los desechos sólidos, no solo se producen líquidos, sino también gases y otros compuestos.

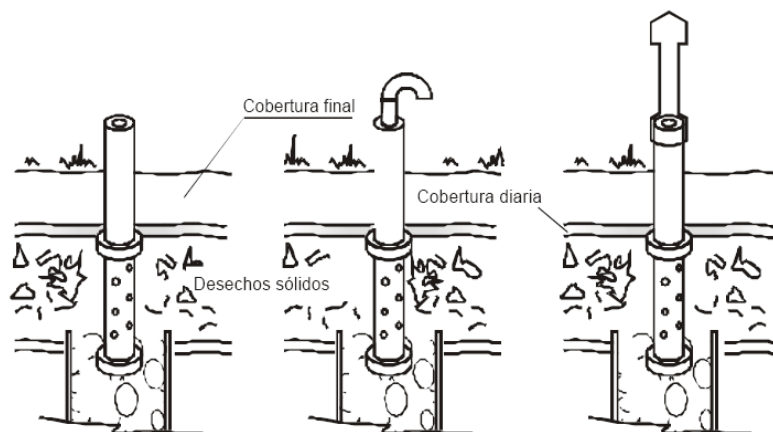
La composición natural de la materia orgánica, por acción de los microorganismos presentes en el medio produce grandes cantidades de metano, dióxido de carbono, principales componentes del Biogás. Los gases tienden a acumularse en

los espacios vacíos del relleno sanitario, por tal motivo es necesario crear un sistema de drenaje de gases que permita el aprovechamiento de estos.

El drenaje de gases está constituido por un sistema de ventilación de tubería perforada que funciona a manera de chimeneas, asentadas en los drenajes de lixiviados que se encuentran en el fondo del relleno y se proyectan hasta la superficie.

Estas chimeneas deben ser construidas en forma vertical rellenas con piedras de 6 a 8 pulgadas, se recomienda que cada una tenga un diámetro de 0.60 a 1.2 metros y estén separadas cada 80 o 100 metros. Se debe colocar dos tubos metálicos, el primero perforado para facilitar la captación y el drenaje de gases; y sobre éste otro tubo que no será perforado con el objeto de acumular los gases producidos por los RSU.

Figura 7. Detalle de construcción drenaje de gases



Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de los rellenos sanitarios, Universidad de Antioquia de Colombia, 2.0

5.3.8. Construcción planta de tratamiento de biogás: La extracción del biogás generado en los rellenos sanitarios se lleva a cabo por dos métodos de drenaje; el drenaje activo y el drenaje pasivo. El drenaje activo consiste en drenar gas

utilizando un soplador de aire, mientras que el drenaje pasivo utiliza la convención natural de los gases. De los dos métodos el drenaje pasivo es el menos costoso, pero el drenaje activo es mucho más eficiente.

5.3.8.1. Drenaje activo: Este método de extracción de biogás consiste en utilizar un soplador de aire, que por medio de tuberías está conectado a un sistema de pozos de captación de biogás. El sistema de captación se instala dentro del relleno sanitario y la función del soplador es generar vacío dentro de los pozos de captación forzando así la salida del biogás.

El sistema de drenaje activo se compone de varios elementos, los cuales se mencionan a continuación.

- **Colectores de gas:** compuestos de los pozos de recolección de tuberías verticales y horizontales que conectan a los pozos entre sí, asegurando el gas. También hay un colector principal, el cual se coloca en las periferias del relleno sanitario, en donde el suelo es menos inestable para evitar menos asentamientos.
- **Puntos de recolección:** es el sitio a donde se dirige el biogás aspirado de los pozos de recolección. Este punto puede ser un tanque de almacenamiento o un tubo. Es posible que acá se condense una porción de agua contenida en el gas. En este punto es necesario colocar equipos de medición y ajuste.
- **Separación de agua:** mediante un decantador el agua condensada se separa del flujo del gas.
- **Tubo de aspiración de gas:** se utiliza un tubo que conduce los gases de los pozos de recolección al soplador.
- **Soplador:** el soplador genera succión para extraer los gases del relleno y presión para mandar los gases al tanque de almacenamiento.
- **Tubo de transporte:** Transporta los gases al tanque de almacenamiento.
- **Antorcha:** unidad preparada para la combustión del biogás.

- **Incinerador:** Está compuesto por el equipo de aprovechamiento de energía, antorcha, equipo de tratamiento de gas, entre otros.

5.3.8.2. Drenaje pasivo: Este método aprovecha la difusión horizontal de los gases dentro del relleno sanitario, construyendo y colocando pozos de formas verticales a lo largo del relleno. Los gases se difunden hacia los pozos de recolección y salen a través de ellos de forma controlada al exterior del relleno. Los pozos de recolección tienen una alta permeabilidad de gases por lo que se desaloja una gran cantidad de estos. Existen una serie de alternativas para realizar la construcción de los pozos de recolección, pozos con malla de acero y puntales de madera; rellenos con rocas, y pozos de tubos perforados; relleno con rocas, uno de los sistemas más utilizados. Para este tipo de pozos se deben realizar perforaciones en las paredes del tubo, la superficie total de los orificios debe ser un 10% de la superficie total del tubo, una vez instalado el tubo con sus respectivas perforaciones se procede a realizar la instalación de piedra de río o bola en la parte perimetral del tubo ya perforado por lo general este tipo de tubería es un polipropileno de alta densidad adicional a esto con un diámetro de orificios mayor a 2 cm, se recomienda que los pozos se realicen de 0,6 a 1,2 m. (ver figura 8)

Figura 8: Construcción de pozos (drenaje pasivo)



Fuente: www.rumboalmediodia.com.

Es importante que la grava o piedra bola que se vaya a utilizar para la construcción de los pozos no contenga cal, debido a que esta se descompone fácilmente interaccionar con los gases emitidos del relleno sanitario, por lo general se usa grava con un diámetro menor de 16 cm, lo que permite la permeabilidad de los gases y a una vez evita el ingreso de materia sólida al interior del pozo. Para realizar una ubicación adecuada de los pozos e el relleno las distancias recomendadas entre pozo y pozo son de 25 a 30 m, rellenos manuales que tienen celdas con una altura menor a 8 mide 20 a 25 m, para rellenos compactados donde el cuerpo de basura tiene una altura menor de 15 m y para rellenos compactados donde los residuos sólidos urbanos tiene una altura mayor de 15 m la distancia recomendada es de 15 a 20 m.

5.3.9. Componentes del sistema de extracción y control: Instalación de 40 pozos de extracción verticales (profundidad promedio alrededor de 10 m, esta tubería llevara una distribución estratégica dentro de cada celda de trabajo cuatro pozos por celda, adicional a esto se debe realizar la instalación de un cabezal que incluya una válvula de control de flujo y puerto de monitoreo del gas en cada uno de los tubos a instalar.

La instalación inicial de 5000 metros de tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) para conectar cada uno de los pozos de extracción con la estación de conducción y la planta de control de biogás.

La instalación de una estación de succión y combustión, este sistema de combustión consta de una antorcha interna de modo que las emisiones de gas de escape puedan examinarse y cuantificarse, para el registro de la reducción de emisiones.

Se estima que la tubería principal de recolección del biogás tenga un diámetro de 152 mm y que la tubería lateral tendrá un diámetro de 110 mm.

5.3.10. Construcciones auxiliares: En la fase de construcción se tendrán en cuenta las diversas obras que aseguren el avance ininterrumpido del relleno. Estas obras y trabajos serán realizados durante la preparación del sitio y durante la preparación del relleno

Las obras o trabajos preliminares de la fase de construcción serán:

Oficina administrativa, construcción de la planta física donde se ubicara lo siguiente: servicio sanitario para hombre y mujer, área de uso múltiple, deposito de útiles y áreas de aseo, vestidores de hombres y mujeres de uso personal, cuartos para el almacenamiento de elementos de medición para el control del relleno, laboratorio para el análisis de resultados, oficina de recepción administrativa.

5.3.11. Caseta de control incluida en la oficina administrativa: Estacionamiento con una área de 50 m², con una capa de 15 cm de espesor de material seleccionado, nivelado y compactado, ubicado frente a las oficinas.

5.3.12. Vías internas de circulación: Se construirán las vías internas que darán acceso a los vehículos hasta el área de las terrazas. Dichas vías se irán habilitando a medida que avance la obra.

El cerco perimetral será construido en malla eslabonada, tubería galvanizada de 1½" cubriendo así todos los alrededores del relleno para evitar el ingreso de personas, animales y otros factores que afecten el buen funcionamiento del mismo. En algunas partes se instalaran cercos de arbustos para reducir el impacto visual a la comunidad.

5.3.13. Instalaciones de agua potable: Para suplir la planta física, la cual contara con un tanque elevado con una capacidad de 1000 litros.

5.3.14. Instalación eléctrica a todo el complejo administrativo: Las cuales consisten el suministro de energía para las oficinas como también la instalaciones de postes cerca de el área de las celdas de trabajo.

5.3.15. Construcción de pozo séptico: Para el tratamiento de aguas negras producidas por el área administrativa y de servicios.

5.3.16. Rotulo: Para identificar el proyecto ubicado en un lugar visible a la entrada del relleno.

5.4. MANTENIMIENTO Y OPERACION DEL RELLENO SANITARIO.

Para garantizar que el relleno sanitario manual se construya y opere de conformidad con las especificaciones y recomendaciones dadas en el estudio o informe final del proyecto, y para tener la certeza de que se cumplan los objetivos propuestos, es necesario que éste cuente con una administración. Siendo la disposición final de los desechos sólidos la última actividad del servicio de aseo, es obvio entonces que el relleno sanitario manual esté a cargo del administrador de este servicio público. Generalmente en nuestro medio, este administrador es un funcionario de la oficina de servicios de limpieza, servicios varios u obras públicas del municipio.

6. EVALUACION TECNICA DEL RELLENO SANITARIO.

6.1. PRODUCCIÓN DE BASURAS EN BUCARAMANGA

Este departamento cuenta con 7 rellenos sanitarios de los cuales se destacan el relleno sanitario el Carrasco que recibe cerca de 750.8 ton/día de residuos (72,53% de la producción del departamento) proveniente de 11 municipios (Bucaramanga, Piedecuesta, Floridablanca, Girón, Matanza, Suratá, Lebrija, Rionegro, California, Charta y Playa Blanca) y la localidad de Ruitoque de la ciudad capital del departamento. La producción de Bucaramanga, ciudad que cuenta con 516.512 habitantes, generara aproximadamente 480 Ton/día, es decir el 76,5% de los residuos recibidos en el sitio.

La cantidad de residuos generados por habitante está directamente relacionada con las pautas de producción y consumo de las personas. Cuanto más elevados son sus ingresos, mayor volumen de residuos tiende a generar. A medida que aumenta su riqueza, tienden a comprar más productos de consumo, incluidos productos empaquetados en grandes cantidades en material degradable o no degradable. Cuando la población es menos rica, o cuando existe una presión pública, las comunidades tratan de recuperar y reutilizar la mayor cantidad posible de residuos, a fin de reducir los gastos y el volumen de residuos. Los residuos sólidos se producen en toda una serie de establecimientos del entorno urbano además de las unidades familiares, incluidas instituciones tales como escuelas, edificios públicos, hospitales, hoteles y otros establecimientos comerciales, y algunas fuentes dispersas de desechos peligrosos.

La EMAB ha hecho un estimativo de la cantidad de residuos que se podrían generar a futuro y por lo cual tiene que mirar otra alternativa para depositarlos ya que el Carrasco llegara a su cota de diseño.

La siguiente tabla muestra la proyección de residuos sólidos urbanos en toneladas por año que se generaran en los próximos años.

Tabla 1: Proyección de Residuos anual (2013- 2018) dados en miles de toneladas, generados por los municipios más representativos.

M/cipio	2013	2014	2015	2016	2017	2018
B/man	167.2	175.2	172.9	180.9	178.7	186.7
F/blanc	55.87	57.71	57.92	59.76	59.96	61.80
Girón	28.66	29.89	29.77	31.0	30.89	32.12
P/esta	22.27	23.78	23.50	25.01	24.73	26.24
TOTAL	274.044	286.618	284.181	296.755	294.317	306.891

Fuente: Empresa de aseo de Bucaramanga (EMAB)

Nota: El valor subrayado en la tabla anterior serán los RSU aprovechables, para el análisis de dicho proyecto.

Según registros de la EMAB Bucaramanga produce en un 50% residuos orgánicos ocasionando una mayor descomposición, generando lixiviado y mucho gas, el cual no es aprovechado y se debe realizar una inspección de estas acumulaciones, por consiguiente este gas debe ser quemado debido a falta de control e implementación de los botaderos a cielo abierto, ya que estos establecen un peligro inminente para las población que opera en el relleno, Con la incineración controlada del gas puro de relleno se evita también el peligro de

explosión que siempre existe cuando se mezcla el metano con la atmosfera. Por esta razón es de vital importancia resaltar la implementación de proyectos sostenibles para el aprovechamiento de estos recursos.

Tabla 2: Producción de residuos de Bucaramanga toneladas por año.

AÑO	CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS		VOLUMEN DE RESIDUOS SOLIDOS COMPACTADOS $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$			
	DIARIA (Kg)	ANUAL (ton)	DIARIO (m3)	ANUAL (m3)	COVERTURA ANUAL (m3)	(m3/Dia)
2012	757485	276482	1515	552964	691205	1894
2013	750805	274044	1502	548088	685110	1877
2014	785255	286618	1571	573236	716545	1963
2015	778578	284181	1557	568362	710452	1946
2016	813027	296755	1626	593510	741887	2033
2017	806348	294317	1613	588634	735792	2016
2018	840797	306891	1682	613782	767227	2102

Fuente: Empresa de aseo de Bucaramanga (EMAB)

La información suministrada en la tabla anterior permite calcular el volumen que se produce de residuos sólidos durante un año; a partir de ahí se puede calcular el área requerida para la depositación final.

6.2. DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Para calcular y dimensionar la celda de trabajo diaria y el volumen del relleno se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

Celda diaria: densidad de la basura recién compactada 400- 500 kg/m³.

Volumen del relleno: densidad de la basura estabilizada 500- 600 kg/m³.

Estas densidades se alcanzan mediante la compactación homogénea y a medida que se estabiliza el relleno, incidiendo en la estabilidad y vida útil del sitio. El aumento de la densidad de los desechos sólidos en el relleno sanitario se logra, entre otras cosas por:

- El tránsito del vehículo recolector por encima de las celdas ya conformadas.
- El apisonado manual, mediante el uso periódico del rodillo y pisonos de mano.
- La separación y recuperación de materiales tales como: papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra y otros, dado que difícilmente se compactan. La práctica del reciclaje trae además del beneficio económico, una menor cantidad de desechos sólidos a enterrar, aumentando por tanto la vida útil del sitio.
- Otros mecanismos que aumentan la densidad de los desechos sólidos son: el proceso de descomposición de la materia orgánica y el peso propio de las capas o celdas superiores que producen mayor carga y obviamente, disminuyen su volumen.

6.3. VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS

De acuerdo a la producción de residuos sólidos por año es posible determinar el volumen que se va a disponer para implementar el relleno sanitario.

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario están en función de:

La producción diaria de residuos sólidos, si se espera tener una cobertura del 100% o, en su defecto, de la cantidad de residuos sólidos recolectados.

La densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno sanitario.

La cantidad de material de cobertura (20-25%) de volumen estabilizado de residuos sólidos.

El volumen diario resulta de la relación entre el volumen de residuos sólidos a disponer en un día ($m^3/\text{día}$) y la densidad de los residuos sólidos recién compactados, ($400\text{-}500\text{ kg}/m^3$) y estabilizados ($500\text{-}600\text{ kg}/m^3$). El volumen anual de residuos sólidos que se requiere disponer se encuentra a partir de la relación entre el volumen de residuos sólidos a disponer en un día ($m^3/\text{día}$) entre 365 que es el equivalente los días en un año.

Para determinar el volumen diario y anual de residuos sólidos se calcula por medio de la siguiente relación:

$$VDRSU = \frac{785.255 \frac{\text{kg}}{\text{D}}}{500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 1.570,51 \frac{\text{m}^3}{\text{Dia}}$$

$$VARSU = 1571,51 * \frac{\text{m}^3}{\text{D}} * \frac{365\text{D}}{1\text{A}} = 573.236,15 \frac{\text{m}^3}{\text{A}}$$

Los cálculos anteriores representan el volumen diario y anual de residuos sólidos ya compactados.

Se debe tener en cuenta un factor de material de cobertura que equivale a 1.25 generando un volumen total compactado de residuos sólidos urbanos:

$$\text{VRELLENO} = 573.236,15 \frac{\text{m}^3}{\text{A}} * 1,25 = 716.545,18 \frac{\text{m}^3}{\text{Año}}$$

Esta cantidad se tiene al compactar por un año los residuos sólidos urbanos.

6.4. GENERACIÓN DE GAS DE BUCARAMANGA DE ACUERDO A LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La producción de gas varía de acuerdo con la cantidad y composición de los residuos, la humedad del medio y el tiempo. Se estima una generación de gas de 150 m³/ton de RSU. Este gas tiene un periodo de generación de 10 años, siendo mayor durante los primeros 4 años de disposición del relleno, según estimativos la producción total de gases de acuerdo a la generación de residuos se obtiene a partir de la siguiente relación. De acuerdo a estudios realizados a nivel mundial se dice que por cada tonelada de RSU se producen 150 m³ de biogás lo cual mediante la siguiente relación se puede dar una estimación aproximada del volumen de gas que se puede generar mediante la cantidad de RSU que genera la ciudad de Bucaramanga.

Cantidad de RSU por año: 286.618 ton.

Volumen de biogás por tonelada: $150 \frac{\text{m}^3}{\text{ton}}$

$$\text{Volumen de gas} = 286.618 \text{ton} * 150 \frac{\text{m}^3}{\text{ton}}$$

$$\text{Volumen de gas} = 42.992.700 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Esta será la cantidad de gas producido por descomposición de las basuras durante un año.

De acuerdo a la producción de gas que generan las basuras en Bucaramanga se puede utilizar para cogeneración, el cual es un sistema de producción de calor y electricidad de alta eficiencia.

Con el volumen calculado, se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, solamente si se puede estimar en forma aproximada la profundidad o altura del relleno. Es ésta sólo se conocerá si se tiene una idea de la topografía de los alrededores.

6.5. ÁREA REQUERIDA PARA EL RELLENO SANITARIO

El área requerida para la construcción de un relleno sanitario depende de los factores como:

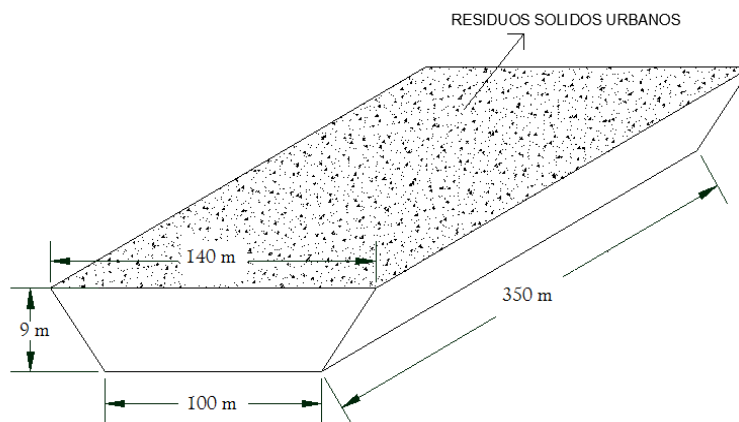
- Cantidad de desechos sólidos a disponer.
- Cantidad de material de cobertura.
- Densidad de compactación de los desechos sólidos.
- Profundidad o altura del relleno sanitario.
- Capacidad volumétrica del terreno.
- Áreas adicionales para obras complementarias.

Para determinar el área se tiene en cuenta una altura de 9 m la cual me permite conformar las celdas de trabajo, no debe superar esta altura ya que generaría

volcamiento y se producirían bolsas de gas en el espacio no compactado a la hora de descomponerse los residuos sólidos urbanos.

Para determinar la capacidad de almacenamiento que tendrá esta celda de trabajo es necesario calcular el volumen de de la trinchera en este caso de acuerdo a su forma geométrica (trapezoide)

Figura 9. Distribución por celda de trabajo.



Calculo volumen de celda de trabajo.

$$V = (B + A) * H * L$$

$$V = (140 + 100)m * 9m * 350m$$

$$V = 756.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Area Requerida} = 140 * 350 = 49.000 \text{ m}^2$$

Donde:

V: volumen

B: base mayor

A: base menor

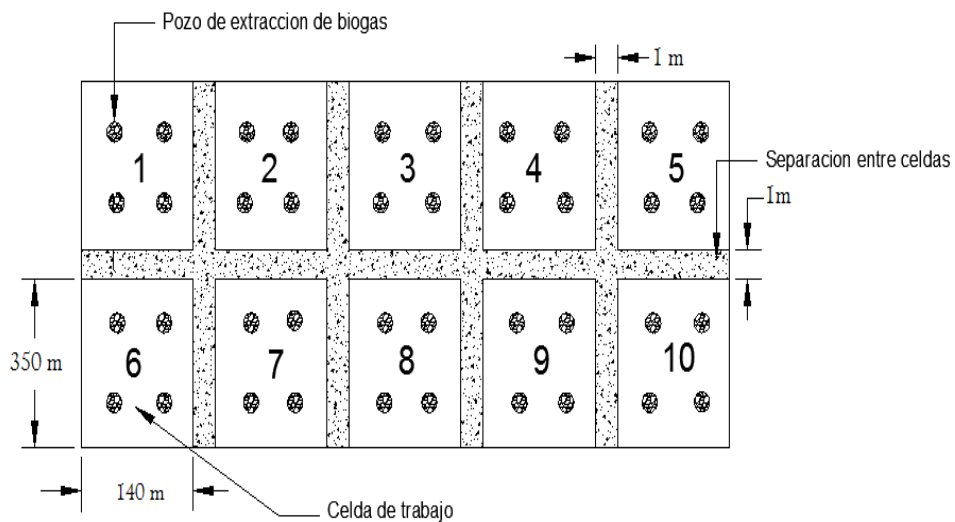
L: longitud

H: altura

Esta es el área requerida para ocupar 716.545 m³ de residuos sólidos una vez realizada su compactación.

Para hacer la distribución de áreas se tiene en cuenta la topografía de la escarpa, y se hace la distribución como se muestra a continuación.

Figura 10: Distribución del área total a disponer



Calculo:

Longitud total: 704 m

Ancho total: 701 m

Altura: 9 m

Número total de celdas: 10

Area requerida para la vida util del proyecto

$$AR = (701 * 704) = 493.504 \text{ m}^2$$

El rectángulo (figura 10) muestra la distribución real en la cual se dispondrá para depositar los residuos sólidos urbanos durante un año, teniendo en cuenta que se separa por celdas de trabajo que las define la configuración anterior.

Diez celdas de trabajo distribuidas para albergar una cantidad de volumen de residuos sólidos urbanos, se tomó como referencia una celda para hallar la configuración completa teniendo en cuenta cuantos pozos se deben implementar por celda y que volumen puedo depositar en cada una de ellas.

Cada celda de trabajo tendrá una capacidad para albergar 756.000 m³ de RSU.

Estimando la producción de residuos sólidos urbanos se obtiene un volumen diario de 1.963 m³/ Día lo cual se depositara en la celda de trabajo diaria y cada celda tiene un volumen aproximado de 756.000 m³, el cual tendrá un llenado total en aproximadamente 365 días. El área total tendrá su llenado de las diez celdas finalizado los 10 años para el cual está diseñado. Generando la máxima cantidad de gas en el cuarto año. Para determinar si el proyecto es viable económicamente se parte de la producción de gas como la variable más importante para determinar la inversión y analizar los costos del proyecto.

Para cada celda de trabajo se tiene una configuración de pozos de acuerdo al área dispuesta para hacer el relleno sanitario, de acuerdo a la distribución de áreas anteriormente planteadas se pueden colocar 4 pozos por cada celda de trabajo y en su totalidad serian 40 pozos para conducir el biogás desde fondo del relleno hasta un lugar de recolección y tratamiento.

7. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

Para determinar si el proyecto es viable se debe tener en cuenta una serie de parámetros, los cuales generan ingresos y gastos en la puesta en marcha del relleno sanitario; este proyecto es un estudio de pre-factibilidad por lo cual se obtuvieron valores aproximados de las variables, usando fuentes de información como: Estudios de pre-factibilidad con el mismo objetivo a nivel mundial, cotizaciones de proveedores de tecnología vía web, y estimación de costos de servicios de maquinaria y equipos a nivel local.

7.1. SUPUESTOS EMPLEADOS EN LA EVALUACIÓN

Los supuestos empleados en la evaluación económica del proyecto son:

- El tiempo estimado para el llenado de cada celda es de un (1) año.
- El periodo de evaluación económica es de 14 años, debido a que la velocidad de degradación del biogás es media, es decir cada celda tendrá un periodo de explotación de cinco (5) años.
- Como generación de ingresos se incluyó un solo factor, la venta de gas domiciliario.
- El precio final de venta del m³ de gas domiciliario es de \$800, teniendo como referencia el costo de gas suministrado por la empresa GASORIENTE de la ciudad de Bucaramanga, Col (\$950)
- Las proyecciones de ingresos y gastos incrementan teniendo en cuenta el promedio de la inflación en Colombia en los últimos tres años (2.70%)
- Los ingresos, costos y gastos se ejecutan en pesos Colombianos.

7.2. COSTOS DE INVERSIÓN

Los costos presentados, fueron obtenidos teniendo en cuenta el dimensionamiento del sistema propuesto, y evaluado por medio de cotizaciones vía web y de algunos proveedores locales.

Para la puesta en marcha del proyecto planteado se requiere de una inversión aproximada de \$67.415 millones de pesos que incluye la adquisición del terreno y la infraestructura necesaria para el aprovechamiento del gas (extracción, captación y conducción). (Ver anexo N°1)

7.3. GASTOS DEL PROYECTO:

Los gastos del proyecto están integrados por gastos de operación, mantenimiento, monitoreo y contingencias. Cada uno de ellos, a su vez, consta de los siguientes conceptos:

Costos y gastos de operación

- Personal administrativo
- Personal operativo
- Capacitaciones
- Gastos administrativos menores

Costos de mantenimiento

- Revisiones mecánicas
- Revisión de los ductos
- Revisión de los tanques
- Cambios en instalaciones eléctricas
- Gastos en combustibles

Costos de monitoreo

- Ingeniería Ambiental
- Ingeniería Química

Contingencias

- Imprevistos presentados en la ejecución del proyecto.

7.4. INGRESOS DEL PROYECTO

Los ingresos esperados por el proyecto provienen de la venta del biogás para uso en los hogares como gas domiciliario.

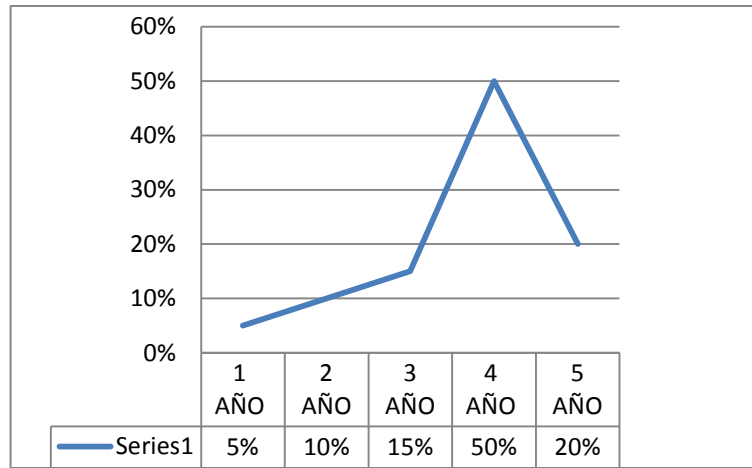
“Teniendo en cuenta una velocidad de biodegradación mediana, el biogás producido por cada celda debe distribuirse en un tiempo estimado de 5 años, iniciando con cantidades mínimas, obteniendo el pico más alto de producción en el cuarto año y de ahí en adelante empezara a decrecer.

Teóricamente se tiene que la máxima producción de Biogás se presenta entre un rango de 3 a 6 años”¹

Para efectos de este estudio se ha estimado un porcentaje de producción anual, iniciando con un 5%, en los siguientes tres años creciendo significativamente hasta alcanzar el punto máximo y disminuirá en los años siguientes. A partir del 6 año no se realizara recuperación, pueda que se genere biogás, pero en caso tal será quemado.

¹ Leovigildo Soriano Bonilla - Relleno sanitario, generación de biogás, fuente de energía alterna-2.007.

Figura 11. Periodo de explotación de biogás por cada celda.



Según el Modelo Colombiano de Biogás (2,009) emitido por la EPA (Environmental protection Ambiental), es importante aplicar un porcentaje gas Natural. Se estima que para los rellenos sanitarios que cumplen estándares de diseño y tienen sistemas de captura completos el porcentaje de recuperación puede ser del 95%

Tabla 3. Estimación del volumen de gas que puede ser recuperado.

VOLUMEN DE GAS QUE PRODUCE UNA CELDA EN LOS 5 AÑOS (M3)	42,992,700
EFICIENCIA DE CAPTURA Y RECUPERACION	95%
VOLUMEN DE BIOGAS RECUPERABLE DEL RELLENO SANITARIO (M3)	40,843,065

7.5. FLUJO DE CAJA

Una vez determinados los aspectos anteriores, es posible construir un flujo neto de efectivo en un horizonte de catorce años, para fines de este estudio, se proyecta un flujo neto de efectivo, con un porcentaje promedio de inflación de 2.70% que corresponde al promedio de los últimos tres años para Colombia.

Es importante resaltar que el gas producido por los tres primeros años se usara para realizar pruebas, de modo que no se tendrá en cuenta para la generación de ingresos. (Ver anexo N° 3)

8. EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO

Una vez terminado el estudio económico, es posible realizar una evaluación, con el objetivo de verificar si es viable la inversión, esto se podrá lograr a partir del cálculo de una tasa interna de retorno (TIR) la cual nos indica el porcentaje de retorno de la inversión, así como el rendimiento de la misma a lo largo del horizonte del proyecto. Cabe mencionar que para este cálculo se utilizó una tasa mínima aceptable de retorno de 2.70%, equivalente al promedio de inflación en los últimos tres años.

CALCULO DE LA TIR= 16%

Este dato nos indica que el proyecto es viable, ya que está cumpliendo con mucha más diferencia del promedio de inflación; este es un parámetro para proporcionar viabilidad al proyecto.

Otro indicador muy importante para verificar la viabilidad del proyecto es el cálculo del Valor Presente Neto (VPN), el cual nos indica si el proyecto es viable a partir de los flujos netos de efectivo, ya que si este valor es cero o mayor a cero, se acepta el proyecto, y si es mayor, no importa cuánto, quiere decir que habrá un incremento en el patrimonio del Relleno sanitario.

La metodología consiste en actualizar mediante una tasa (inflación) todos los flujos netos de efectivo futuros que genera el proyecto y comparar esta equivalencia con el costo de inversión.

VPN	\$ 26.605.015.769
------------	--------------------------

Este valor nos indica que es viable el proyecto y que la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida, por lo tanto se concluye que la que la propuesta es viable técnica y económicamente.

8.1. INDICADORES FINANCIEROS

El análisis financiero es el estudio efectuado a los posibles estados financieros de un proyecto con el propósito de evaluar el desempeño financiero y operacional del mismo, así como para contribuir a la acertada toma de decisiones por parte de los posibles inversionistas, acreedores y demás terceros interesados en el ente. Esta es la forma más común de análisis financiero y representa la relación entre dos cuentas o rubros de los estados contables con el objeto de conocer aspectos tales como la liquidez, rotación, solvencia, rentabilidad y endeudamiento del proyecto evaluado. Su utilidad está en la lectura con indicadores de otras empresas del mismo sector, y cuando se comparan diversos períodos dentro de la misma empresa, esto con el fin de evaluar la situación del negocio así como sus tendencias. (Ver anexos 6- 7-8)

9. CONCLUSIONES

La gestión de los residuos sólidos constituye uno de los principales problemas que enfrentan actualmente el gobierno local, problemática que tiene su origen en diversos factores de índole económico, social, cultural y tecnológico. Entre tales factores que más contribuyen y agravan esta problemática está la cantidad cada vez mayor de residuos sólidos que genera la población, la falta de educación y participación sanitaria de la comunidad, y ausencia de un manejo adecuado de la disposición final de los recursos sólidos.

A partir de lo expuesto en este artículo podemos apreciar la importancia que tiene el biogás de relleno sanitario como alternativa para el aprovechamiento de nuevas energías, y el control de uno de los grandes problemas de contaminación que vivimos hoy en día, y de acuerdo a lo planteado y analizado en cada uno de los parámetros asumidos para este proyecto podemos observar los diferentes beneficios que conlleva la implementación de este tipo de proyectos, dando así un sin número de soluciones a nuestro entorno social.

El resultado de los indicadores financieros; el VPN y TIR determinaron la prefactibilidad del proyecto presentado, demostrando una tasa de recuperación de la inversión en un corto periodo, y una posible generación de utilidades a partir de los ingresos y costos propuestos, de esta manera sería muy ventajoso presentar la propuesta a las entidades gubernamentales y/o terceros interesados, ya que actualmente la ciudad de Bucaramanga carece de un relleno sanitario en buenas condiciones.

El estudio financiero del proyecto nos refleja un margen superior en la rentabilidad comparada con el sector, pero a su vez es muy lenta en la rotación de los activos.

Los indicadores de endeudamiento no se pueden determinar debido a la falta de apalancamiento por parte de una entidad financiera, lo cual sería un aspecto importante a tener en cuenta para la puesta en marcha del proyecto y el EBITDA, indicador que nos permite conocer la ganancia o utilidad antes de impuestos, depreciaciones y gastos financieros refleja que el proyecto maneja un buen sistema de operaciones con referencia al sector evaluado, es decir el proyecto es rentable.

REFERENCIAS

- [1] GOMEZ, R,S, Filigrana, P,A. (2008). Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del botadero de navarro, Cali, Colombia, Colombia medica. VOL 39(3): 245-252.
- [2] MANOSALVA M,P. (2005). Estimación del flujo superficial de metano (ch4) en las emisiones del biogás desde la zona VII del relleno sanitario de doña Juana.
- [3] POHLAND, F,G, Harper,S,R. (1985). critical review and summary of leachate and gas production from lanDFILLS, EPA/600/2-86/073
- [4] POHLAND, F,G, Harper,S,R. (1985). critical review and summary of leachate and gas production from landfills, EPA/600/2-86/073.
- [5] SCHARFF,h. Oonk, j, Hansen, a. (2000) quantifying landfill gas emissions in the netherlands- definition study. Novem program reduction of other greenhouse gases (rob).
- [6] SCHMIDIT F. (1999). Valoración del biogás en un relleno sanitario. Feria y semillero internacional gestión integral de residuos sólidos y peligrosos, siglo XXI Medellín Colombia

BIBLIOGRAFIA

GOMEZ, R,S, Filigrana, P,A. Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del botadero de navarro, Cali, Colombia, Colombia medica. VOL 39(3): 245-252. 2008

MANOSALVA M,P. Estimación del flujo superficial de metano (ch4) en las emisiones del biogás desde la zona VII del relleno sanitario de doña Juana. 2005

POHLAND, F,G, Harper,S,R. critical review and summary of leachate and gas production from lanDFILLS, EPA/600/2-86/0731985

POHLAND, F,G, Harper,S,R. critical review and summary of leachate and gas production from landfills, EPA/600/2-86/073. 1985

SCHARFF,h. Oonk, j, Hansen, a. quantifying landfill gas emissions in the netherlands- definition study. Novem program reduction of other greenhouse gases (rob). 2000

SCHMIDIT F. Valoración del biogás en un relleno sanitario. Feria y semillero internacional gestión integral de residuos sólidos y peligrosos, siglo XXI Medellín Colombia 1999

ANEXOS

Anexo A. Presupuesto costos de Inversión (En pesos colombianos)

N°	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	P TOTAL
ADECUACION DEL SITIO					59.316.080.000
1	ADQUISICION DEL TERRENO	493.504	m2	120.000	59.220.480.000
2	Limpieza zonas boscosas y no boscosas	11.950	m3	8.000	95.600.000
COMPRA DE MAQUINARIA					1.120.000.000
3	Retro excavadora grande KOMATSU Modelo 2013:	1	EQUIPO	355.000.000	355.000.000
4	Retroexcavadora Caterpillar 416D Modelo 2005:	1	EQUIPO	130.000.000	130.000.000
5	Vibro Compactador DYNAPAC Modelo 2006 vet CA150D, cilindro liso de 84 pulgadas:	1	EQUIPO	130.000.000	130.000.000
6	Motoniveladora VOLVO Modelo 2012:	1	EQUIPO	315.000.000	315.000.000
7	Bulldozer Caterpillar Modelo 2004:	1	EQUIPO	190.000.000	190.000.000
CONSTRUCCION DE POZOS					227.865.000
8	Tuberia en PVC	5000	m	25.000	125.000.000
9	Piedra bolo	120	Cubos	35.000	4.200.000
10	Concreto (3.000 pc)	20	m3	356.000	7.120.000
11	Malla eslabonada	10.000	kg	3.000	30.000.000
12	Mano de obra(cuadrilla un oficial+ 6 ayudantes)	210	dias	293.000	61.530.000
13	Imprevistos:				15.000
CONSTRUCCION DE PLANTA FISICA					696.900.000
14	Oficinas administrativas-casetas	230	m2	3.030.000	696.900.000
ALMACENAMIENTO DEL BIOGAS					6.041.960.000
15	Equipo de bombeo de lixiviado	GLOBAL	GLOBAL	45.000.000	45.000.000
16	Tuberia bajo la superficie para conduccion de gas domiciliario	GLOBAL	GLOBAL	202.320.000	202.320.000
17	Trampas de condensadas	GLOBAL	GLOBAL	17.640.000	17.640.000
18	Carcamo de condensado de bombeo	1	EQUIPO	18.000.000	18.000.000
19	Compresor y sistema de enriquecimiento	GLOBAL	GLOBAL	74.000.000	74.000.000
20	Purificador de Biogas	1	EQUIPO	200.000.000	200.000.000
21	Planta de energia de 2.12 MW	1	EQUIPO	1.500.000.000	1.500.000.000
22	Tanques para almacenar el biogas	10	UNIDAD	390.000.000	3.900.000.000
23	Pruebas	GLOBAL	GLOBAL	5.000.000	5.000.000
24	Ingeneria, Contingencia	GLOBAL	GLOBAL	80.000.000	80.000.000
COMPRA EQUIPO DE OFICINA					12.300.000
25	Computadores para uso administrativo	3	UNIDAD	1.500.000	4.500.000
26	Escritorios de madera para oficinas	3	UNIDAD	1.000.000	3.000.000
27	Sillas para oficinas	8	UNIDAD	100.000	800.000
28	Aire acondicionado	1	UNIDAD	1.000.000	1.000.000
29	Telefonos - Celulares - Fax - Impresora -	GLOBAL	GLOBAL	1.500.000	1.500.000
30	Diversos	GLOBAL	GLOBAL	1.500.000	1.500.000
TOTAL					67.415.105.000

Anexo B: Cantidad de volumen explotado por año y por celda.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	VOLUMEN POR CADA CELDA
CELDA 1	2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613										40.843.065
CELDA 2		2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613									40.843.065
CELDA 3			2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613								40.843.065
CELDA 4				2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613							40.843.065
CELDA 5					2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613						40.843.065
CELDA 6						2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613					40.843.065
CELDA 7							2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613				40.843.065
CELDA 8								2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613			40.843.065
CELDA 9									2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613		40.843.065
CELDA 10										2.042.153	4.084.307	6.126.460	20.421.533	8.168.613	40.843.065
TOTAL	2.042.153	6.126.460	12.252.920	32.674.452	40.843.065	40.843.065	40.843.065	40.843.065	40.843.065	40.843.065	38.800.912	34.716.605	28.590.146	8.168.613	408.430.650

Anexo C: Ingresos por venta de Biogás. (En pesos Colombianos)

AÑO	PRODUCCION DE BIOGAS	UNIDAD	MONEDA	P UNITARIO	P TOTAL
AÑO 1	-				-
AÑO 2	-				-
AÑO 3	-				-
AÑO 4	32.674.452	m3	pesos	\$ 800	26.139.561.600
AÑO 5	40.843.065	m3	pesos	\$ 822	33.556.662.204
AÑO 6	40.843.065	m3	pesos	\$ 844	34.462.692.084
AÑO 7	40.843.065	m3	pesos	\$ 867	35.393.184.770
AÑO 8	40.843.065	m3	pesos	\$ 890	36.348.800.759
AÑO 9	40.843.065	m3	pesos	\$ 914	37.330.218.379
AÑO 10	40.843.065	m3	pesos	\$ 939	38.338.134.275
AÑO 11	38.800.912	m3	pesos	\$ 964	37.404.600.706
AÑO 12	34.716.605	m3	pesos	\$ 990	34.370.890.722
AÑO 13	28.590.146	m3	pesos	\$ 1.017	29.069.686.282
AÑO 14	8.168.613	m3	pesos	\$ 1.044	8.529.876.518

Anexo D: Flujo de Caja libre. (En pesos Colombianos)

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
VENTAS NETAS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 26.139.561.600	\$ 33.556.662.204	\$ 34.462.692.084
CIF	\$ 623.195.801	\$ 628.586.609	\$ 634.126.857	\$ 668.214.890	\$ 674.918.413	\$ 681.809.735	
Servicios Públicos	\$ 43.200.000	\$ 44.496.000	\$ 45.830.880	\$ 75.600.000	\$ 77.868.000	\$ 80.204.040	
Mantenimiento	\$ 42.000.000	\$ 43.134.000	\$ 44.298.618	\$ 45.494.681	\$ 46.723.037	\$ 47.984.559	
Monitoreo y Seguimiento	\$ 44.400.000	\$ 45.598.800	\$ 46.829.968	\$ 48.094.377	\$ 49.392.925	\$ 50.726.534	
Dep Maquinaria	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	
Dep Edificios	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	
Mano de Obra	\$ 60.259.551	\$ 61.886.559	\$ 63.557.496	\$ 65.273.549	\$ 67.035.935	\$ 68.845.905	
Capacitaciones	\$ 5.000.000	\$ 5.135.000	\$ 5.273.645	\$ 5.416.033	\$ 5.562.266	\$ 5.712.448	
UTILIDAD BRUTA	\$ (623.195.801)	\$ (628.586.609)	\$ (634.126.857)	\$ 25.471.346.710	\$ 32.881.743.791	\$ 33.780.882.348	
Servicios Públicos	\$ 4.800.000	\$ 4.944.000	\$ 5.092.320	\$ 8.400.000	\$ 8.652.000	\$ 8.911.560	
Papeleria	\$ 2.000.000	\$ 2.054.000	\$ 2.109.458	\$ 2.166.413	\$ 2.224.907	\$ 2.284.979	
Salarios	\$ 136.128.221	\$ 139.803.683	\$ 143.578.382	\$ 147.454.999	\$ 151.436.283	\$ 155.525.063	
Depreciación Muebles y enseres	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571	
Gastos de administracion	\$ 143.806.792	\$ 147.680.254	\$ 151.658.732	\$ 158.899.983	\$ 163.191.761	\$ 167.600.174	
Comisiones							
Publicidad	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 50.000.000	\$ 51.500.000	\$ 53.045.000	
Gastos de ventas							
Jefe de Mercadeo							
Gastos de ventas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 50.000.000	\$ 51.500.000	\$ 53.045.000	
Contingencias de explotacion				\$ 5.416.033	\$ 5.562.266	\$ 5.712.448	
UTILIDAD OPERATIVA	\$ (767.002.594)	\$ (776.266.863)	\$ (785.785.589)	\$ 25.257.030.694	\$ 32.661.489.763	\$ 33.554.524.727	
Gastos Financieros							
U A I	\$ (767.002.594)	\$ (776.266.863)	\$ (785.785.589)	\$ 25.257.030.694	\$ 32.661.489.763	\$ 33.554.524.727	
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8.334.820.129	\$ 10.778.291.622	\$ 11.072.993.160	
UTILIDAD NETA	\$ (767.002.594)	\$ (776.266.863)	\$ (785.785.589)	\$ 16.922.210.565	\$ 21.883.198.141	\$ 22.481.531.567	
Gastos Financieros	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Depreciacion	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	
Provision							
Diferidos							
FLUJO DE CAJA BRUTO	\$ (337.787.772)	\$ (347.052.042)	\$ (356.570.767)	\$ 17.351.425.386	\$ 22.312.412.963	\$ 22.910.746.389	
Reservas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$ (67.745.892.772)	\$ (337.787.772)	\$ (347.052.042)	\$ (356.570.767)	\$ 17.351.425.386	\$ 22.312.412.963	\$ 22.910.746.389

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14
VENTAS NETAS	\$ 35.393.184.770	\$ 36.348.800.759	\$ 37.330.218.379	\$ 38.338.134.275	\$ 37.404.600.706	\$ 34.370.890.722	\$ 29.069.686.282	\$ 8.529.876.518
CIF	\$ 688.894.131	\$ 696.177.025	\$ 703.663.991	\$ 711.360.763	\$ 660.088.430	\$ 664.950.176	\$ 670.788.806	\$ 677.212.324
Servicios Públicos	\$ 82.610.161	\$ 85.088.466	\$ 87.641.120	\$ 90.270.354	\$ 92.978.464	\$ 95.767.818	\$ 98.640.853	\$ 101.600.078
Mantenimiento	\$ 49.280.142	\$ 50.610.706	\$ 51.977.195	\$ 53.380.579	\$ 39.347.842	\$ 40.410.234	\$ 41.501.310	\$ 42.621.845
Monitoreo y Seguimiento	\$ 52.096.150	\$ 53.502.746	\$ 54.947.320	\$ 56.430.898	\$ 57.954.532	\$ 59.519.305	\$ 61.126.326	\$ 62.776.737
Dep Maquinaria	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000
Dep Edificios	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.250	\$ 348.336.251
Mano de Obra	\$ 70.704.744	\$ 72.613.772	\$ 74.574.344	\$ 76.587.851	\$ 38.293.926	\$ 39.327.862	\$ 40.389.714	\$ 41.480.236
	\$ 5.866.684	\$ 6.025.084	\$ 6.187.761	\$ 6.354.831	\$ 3.177.415	\$ 1.588.708	\$ 794.354	\$ 397.177
UTILIDAD BRUTA	\$ 34.704.290.638	\$ 35.652.623.734	\$ 36.626.554.388	\$ 37.626.773.512	\$ 36.744.512.276	\$ 33.705.940.546	\$ 28.398.897.476	\$ 7.852.664.193
Servicios Públicos	\$ 9.178.907	\$ 9.454.274	\$ 9.737.902	\$ 10.030.039	\$ 10.330.940	\$ 10.640.869	\$ 10.960.095	\$ 11.288.898
Papelería	\$ 2.346.673	\$ 2.410.034	\$ 2.475.105	\$ 2.541.932	\$ 2.610.565	\$ 2.681.050	\$ 2.753.438	\$ 2.827.781
Salarios	\$ 159.724.240	\$ 164.036.794	\$ 168.465.788	\$ 173.014.364	\$ 177.685.752	\$ 182.483.267	\$ 187.410.315	\$ 192.470.394
Depreciación Muebles y enseres	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571	\$ 878.571
Gastos de administracion	\$ 172.128.391	\$ 176.779.673	\$ 181.557.366	\$ 186.464.907	\$ 191.505.828	\$ 196.683.757	\$ 202.002.420	\$ 207.465.644
Comisiones								
Publicidad	\$ 54.636.350	\$ 56.275.441	\$ 57.963.704	\$ 59.702.615	\$ 61.493.693	\$ 63.338.504	\$ 65.238.659	\$ 67.195.819
Gastos de ventas								
Jefe de Mercadeo	\$ 54.636.350	\$ 56.275.441	\$ 57.963.704	\$ 59.702.615	\$ 61.493.693	\$ 63.338.504	\$ 65.238.659	\$ 67.195.819
Gastos de ventas	\$ 5.866.684	\$ 6.025.084	\$ 6.187.761	\$ 6.354.831	\$ 6.526.411	\$ 6.702.624	\$ 6.883.595	\$ 7.069.452
UTILIDAD OPERATIVA	\$ 34.471.659.213	\$ 35.413.543.536	\$ 36.380.845.557	\$ 37.374.251.159	\$ 36.484.986.343	\$ 33.439.215.661	\$ 28.124.772.802	\$ 7.570.933.278
Gastos Financieros								
U A I	\$ 34.471.659.213	\$ 35.413.543.536	\$ 36.380.845.557	\$ 37.374.251.159	\$ 36.484.986.343	\$ 33.439.215.661	\$ 28.124.772.802	\$ 7.570.933.278
Impuestos	\$ 11.375.647.540	\$ 11.686.469.367	\$ 12.005.679.034	\$ 12.333.502.882	\$ 12.040.045.493	\$ 11.034.941.168	\$ 9.281.175.025	\$ 2.498.407.982
UTILIDAD NETA	\$ 23.096.011.673	\$ 23.727.074.169	\$ 24.375.166.523	\$ 25.040.748.277	\$ 24.444.940.850	\$ 22.404.274.493	\$ 18.843.597.777	\$ 5.072.525.296
Gastos Financieros								
Depreciacion	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.821	\$ 429.214.822
Provision								
Diferidos	\$ 23.525.226.494	\$ 24.156.288.990	\$ 24.804.381.345	\$ 25.469.963.098	\$ 24.874.155.671	\$ 22.833.489.314	\$ 19.272.812.599	\$ 5.501.740.119
FLUJO DE CAJA BRUTO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Reservas	\$ 23.525.226.494	\$ 24.156.288.990	\$ 24.804.381.345	\$ 25.469.963.098	\$ 24.874.155.671	\$ 22.833.489.314	\$ 19.272.812.599	\$ 5.501.740.119
FLUJO DE CAJA LIBRE								

Anexo E: Balance General (En pesos Colombianos)

BALANCE GENERAL	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
Efectivo	\$ 330.787.772	\$ 339.863.042	\$ 349.187.664	\$ 390.317.605	\$ 15.412.687.945	\$ 37.725.100.908	\$ 60.635.847.297
Cuentas por Cobrar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Provisión de Cartera	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inventarios	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversiones Temporales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ACTIVO CORRIENTE	\$ 330.787.772	\$ 339.863.042	\$ 349.187.664	\$ 390.317.605	\$ 15.412.687.945	\$ 37.725.100.908	\$ 60.635.847.297
Terrenos	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000
Edificios	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000
Maquinaria	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000
Muebles y enseres	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000
Dep acumulada	\$ -	\$ 429.214.821	\$ 858.429.643	\$ 1.287.644.464	\$ 1.716.859.286	\$ 2.146.074.107	\$ 2.575.288.929
ACTIVOS FIJOS	\$ 67.415.105.000	\$ 66.985.890.179	\$ 66.556.675.357	\$ 66.127.460.536	\$ 65.698.245.714	\$ 65.269.030.893	\$ 64.839.816.071
Seguros	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Publicidad	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ACTIVOS DIFERIDOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL ACTIVOS	\$ 67.745.892.772	\$ 67.325.753.221	\$ 66.905.863.021	\$ 66.517.778.140	\$ 81.110.933.660	\$ 102.994.131.801	\$ 125.475.663.368
Proveedores	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Acreedores Varios	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Deudas a corto plazo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Impuestos por pagar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
PASIVOS CORRIENTES	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Bonos por Pagar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Deudas a largo plazo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
PASIVOS A LARGO PLAZO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL PASIVOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital Social	\$ 67.745.892.772	\$ 67.325.753.221	\$ 66.905.863.021	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140
Reservas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidades Retenidas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 14.593.155.519	\$ 36.476.353.661	\$ 58.957.885.228
PATRIMONIO	\$ 67.745.892.772	\$ 67.325.753.221	\$ 66.905.863.021	\$ 66.517.778.140	\$ 81.110.933.660	\$ 102.994.131.801	\$ 125.475.663.368
PASIVO + PATRIMONIO	\$ 67.745.892.772	\$ 67.325.753.221	\$ 66.905.863.021	\$ 66.517.778.140	\$ 81.110.933.660	\$ 102.994.131.801	\$ 125.475.663.368

BALANCE GENERAL	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14
Efectivo	\$ 84.161.073.791	\$ 108.317.362.782	\$ 133.121.744.126	\$ 158.591.707.224	\$ 183.465.862.896	\$ 206.299.352.210	\$ 225.572.164.808	\$ 231.073.904.927
Cuentas por Cobrar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Provisión de Cartera	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inventarios	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversiones Temporales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ACTIVO CORRIENTE	\$ 84.161.073.791	\$ 108.317.362.782	\$ 133.121.744.126	\$ 158.591.707.224	\$ 183.465.862.896	\$ 206.299.352.210	\$ 225.572.164.808	\$ 231.073.904.927
Terrenos	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000	\$ 59.316.080.000
Edificios	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000	\$ 6.966.725.000
Maquinaria	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000	\$ 1.120.000.000
Muebles y enseres	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000
Dep acumulada	\$ 3.004.503.750	\$ 3.433.718.571	\$ 3.862.933.393	\$ 4.292.148.214	\$ 4.721.363.036	\$ 5.150.577.857	\$ 5.579.792.679	\$ 6.009.007.501
ACTIVOS FIJOS	\$ 64.410.601.250	\$ 63.981.386.429	\$ 63.552.171.607	\$ 63.122.956.786	\$ 62.693.741.964	\$ 62.264.527.143	\$ 61.835.312.321	\$ 61.406.097.499
Seguros	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Publicidad	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ACTIVOS DIFERIDOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL ACTIVOS	\$ 148.571.675.041	\$ 172.298.749.210	\$ 196.673.915.733	\$ 221.714.664.010	\$ 246.159.604.860	\$ 268.563.879.353	\$ 287.407.477.130	\$ 292.480.002.426
Proveedores	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Acreedores Varios	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Deudas a corto plazo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Impuestos por pagar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
PASIVOS CORRIENTES	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Bonos por Pagar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Deudas a largo plazo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
PASIVOS A LARGO PLAZO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL PASIVOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital Social	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140	\$ 66.517.778.140
Reservas								
Utilidades Retenidas	\$ 82.053.896.901	\$ 105.780.971.070	\$ 130.156.137.593	\$ 155.196.885.870	\$ 179.641.826.719	\$ 202.046.101.212	\$ 220.889.698.990	\$ 225.962.224.286
PATRIMONIO	\$ 148.571.675.041	\$ 172.298.749.210	\$ 196.673.915.733	\$ 221.714.664.010	\$ 246.159.604.860	\$ 268.563.879.353	\$ 287.407.477.130	\$ 292.480.002.426
PASIVO + PATRIMONIO	\$ 148.571.675.041	\$ 172.298.749.210	\$ 196.673.915.733	\$ 221.714.664.010	\$ 246.159.604.860	\$ 268.563.879.353	\$ 287.407.477.130	\$ 292.480.002.426

Anexo F: Utilidades retenidas.

UTILIDADES RETENIDAS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
Utilidad Retenida anterior	\$ -	\$ -	\$ (767.002.594)	\$ (1.543.269.457)	\$ (2.329.055.046)	\$ 14.593.155.519	\$ 36.476.353.661
Utilidad Neta	\$ (767.002.594)	\$ (776.266.863)	\$ (785.785.589)	\$ 16.922.210.565	\$ 21.883.198.141	\$ 22.481.531.567	
Reservas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CxC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inv	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CxP	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
KTNO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Cambio	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
AF	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000
Delta de AF	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Reservas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Dividendos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad Retenida	\$ (767.002.594)	\$ (1.543.269.457)	\$ (2.329.055.046)	\$ 14.593.155.519	\$ 36.476.353.661	\$ 58.957.885.228	

UTILIDADES RETENIDAS	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14
Utilidad Retenida anterior	\$ 58.957.885.228	\$ 82.053.896.901	\$ 105.780.971.070	\$ 130.156.137.593	\$ 155.196.885.870	\$ 179.641.826.719	\$ 202.046.101.212	\$ 220.889.698.990
Utilidad Neta	\$ 23.096.011.673	\$ 23.727.074.169	\$ 24.375.166.523	\$ 25.040.748.277	\$ 24.444.940.850	\$ 22.404.274.493	\$ 18.843.597.777	\$ 5.072.525.296
Reservas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CxC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inv	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CxP	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
KTNO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Cambio	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
AF	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000	\$ 67.415.105.000
Delta de AF	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Reservas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Dividendos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad Retenida	\$ 82.053.896.901	\$ 105.780.971.070	\$ 130.156.137.593	\$ 155.196.885.870	\$ 179.641.826.719	\$ 202.046.101.212	\$ 220.889.698.990	\$ 225.962.224.286

Anexo G: Indicadores Financieros

Grupo de Indicadores	TIPO	Indicador	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
Endeudamiento	Sector	Apalancamiento (Veces)	1,4	1,55	1,46	1,86	1,97
Endeudamiento	Sector	Concentración del Pasivo en el Corto Plazo	86,68%	45,42%	38,56%	42,29%	42,06%
Endeudamiento	Sector	Endeudamiento con el Sector Financiero	11,48%	43,70%	31,12%	33,86%	29,62%
Endeudamiento	Sector	Concentración Endeudamiento Financiero	19,67%	71,82%	52,48%	52,08%	44,66%
Endeudamiento	Sector	Razón de Endeudamiento	58,38%	60,84%	59,30%	65,01%	66,31%
Endeudamiento	Sector	Endeudamiento Corto Plazo con Proveedores	3,70%	15,88%	12,08%	38,25%	9,16%
Endeudamiento	BIOGAS	Apalancamiento (Veces)					
Endeudamiento	BIOGAS	Concentración del Pasivo en el Corto Plazo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Endeudamiento	BIOGAS	Endeudamiento con el Sector Financiero	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Endeudamiento	BIOGAS	Concentración Endeudamiento Financiero	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Endeudamiento	BIOGAS	Razón de Endeudamiento	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Endeudamiento	BIOGAS	Endeudamiento Corto Plazo con Proveedores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Rentabilidad	Sector	Margen Bruto	12,10%	27,51%	23,08%	26,93%	30,29%
Rentabilidad	Sector	Margen Neto	1,33%	3,56%	5,85%	-0,05%	7,42%
Rentabilidad	Sector	Margen Operacional	1,94%	6,14%	8,73%	10,06%	11,44%
Rentabilidad	Sector	Retorno Operacional sobre los Activos (ROA)	9,09%	4,75%	5,96%	1,18%	4,92%
Rentabilidad	Sector	Retorno sobre el Patrimonio (ROE)		13,39%	15,64%	5,96%	16,36%
Rentabilidad	Sector	Margen No Operacional	-0,30%	-1,27%	-1,31%	-7,78%	-0,73%
Rentabilidad	BIOGAS	Margen Bruto	97,44%	97,99%	98,02%	98,05%	98,08%
Rentabilidad	BIOGAS	Margen Neto	64,74%	65,21%	65,23%	65,26%	65,28%
Rentabilidad	BIOGAS	Margen Operacional	96,62%	97,33%	97,36%	97,40%	97,43%
Rentabilidad	BIOGAS	Retorno Operacional sobre los Activos (ROA)	25,76%	33,53%	34,67%	35,86%	37,08%
Rentabilidad	BIOGAS	Retorno sobre el Patrimonio (ROE)	20,86%	21,25%	17,92%	15,55%	13,77%
Rentabilidad	BIOGAS	Margen No Operacional	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Solvencia	Sector	Solvencia (Veces)	2,45	2,47	2,56	2,45	2,58
Solvencia	BIOGAS	Solvencia (Veces)	0	0	0	0	0
Liquidéz	Sector	Capital de Trabajo Neto (Millones \$)	\$ 133.473,00	\$ 72.151,00	\$ 125.486,00	\$ 28.182,00	\$ -14.530,00
Liquidéz	Sector	Capital de Trabajo Neto Operativo (Millones \$)	\$ 315.056,00	\$ 23.778,00	\$ 44.084,00	\$ -146.741,00	\$ 101.072,00
Liquidéz	Sector	Razón Corriente (Veces)	1,42	1,51	1,8	1,07	0,97
Liquidéz	Sector	EBITDA (Millones \$)	\$ 45.547,00	\$ 39.630,00	\$ 74.674,00	\$ 115.209,00	\$ 175.249,00
Liquidéz	Sector	Prueba Ácida (Veces)	0,46	1,38	1,6	0,97	0,85
Liquidéz	BIOGAS	Capital de Trabajo Neto (Millones \$)	\$ 15.412,69	\$ 37.725,10	\$ 60.635,85	\$ 84.161,07	\$ 108.317,36
Liquidéz	BIOGAS	Capital de Trabajo Neto Operativo (Millones \$)	\$ 15.412,69	\$ 37.725,10	\$ 60.635,85	\$ 84.161,07	\$ 108.317,36
Liquidéz	BIOGAS	Razón Corriente (Veces)	0	0	0	0	0
Liquidéz	BIOGAS	EBITDA (Millones \$)	\$ 25.686,25	\$ 33.090,70	\$ 33.983,74	\$ 34.900,87	\$ 35.842,76
Liquidéz	BIOGAS	Prueba Ácida (Veces)	0	0	0	0	0
Operacionales	Sector	Rotación Activos Fijos (Veces)	11,09	4,62	4,72	5,27	4,57
Operacionales	Sector	Rotación de Activos Totales (Veces)	1,95	0,92	0,84	0,91	0,79
Operacionales	Sector	Rotación de Inventarios Total (Veces)	10,67	5,27	5,7	6,08	5,69
Operacionales	BIOGAS	Rotación Activos Fijos (Veces)	0,40	0,51	0,53	0,55	0,57
Operacionales	BIOGAS	Rotación de Activos Totales (Veces)	0,40	0,51	0,53	0,55	0,57
Operacionales	BIOGAS	Rotación de Inventarios Total (Veces)	0,32	0,33	0,27	0,24	0,21

Anexo H: Liquidez



Anexo I: Rentabilidad

