

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/1

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): OMAR MAURICIO APELLIDOS: DUARTE VERA

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AMBIENTAL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): DIANA MARCELA APELLIDOS: CHÁVEZ RAMÍREZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL

APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS GENERADO EN EL PARQUE TECNOLÓGICO

AMBIENTAL GUAYABAL.

### RESUMEN

En el presente proyecto de grado se encontrará la información necesaria para realizar el aprovechamiento del biogás que genera la disposición de residuos sólidos en un relleno sanitario. El objetivo del proyecto es realizar el Estudio de Factibilidad del Aprovechamiento del Biogás en el Parque Tecnológico Ambiental Guayabal (PTAG), evaluando aspectos técnicos, sociales, ambientales y económicos de 3 alternativas diferentes, que brinden solución a las diferentes problemáticas presentadas en la región mejorando la calidad de vida de la población, y que sirvan como acción de mitigación de los Gases de Efecto Invernadero. Se realizó el diagnóstico de las condiciones presentadas actualmente en la celda de disposición de residuos, determinando la calidad del biogás generado y la mejor alternativa de aprovechamiento a implementar en las instalaciones del PTAG. Finalmente se identificaron las recomendaciones necesarias para mejorar los resultados esperados del aprovechamiento del biogás.

PALABRAS CLAVE: Factibilidad, Gases de Efecto Invernadero, Aprovechamiento.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 237 PLANOS: \_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_ CD ROOM: 1

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS  
GENERADO EN EL PARQUE TECNOLÓGICO AMBIENTAL GUAYABAL.

OMAR MAURICIO DUARTE VERA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA AMBIENTAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS  
PRODUCIDO EN EL PARQUE TECNOLÓGICO AMBIENTAL GUAYABAL.

OMAR MAURICIO DUARTE VERA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de  
Ingeniero Ambiental.

Directora

Ing. Diana Marcela Chávez Ramírez

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA AMBIENTAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

## ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** 14 DE MARZO DE 2018

**HORA:** 2:00 PM

**LUGAR:** CONSEJO SUPERIOR ESTUDIANTIL OFICINA 202

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA AMBIENTAL

**TÍTULO:** ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DEL BIOGAS  
PRODUCIDO EN EL PARQUE TECNOLÓGICO AMBIENTAL GUAYABAL.

**MODALIDAD:** INVESTIGACIÓN

**JURADOS:** CLAUDIA YAZMIN CUBEROS OROZCO  
WILHEM HERNANDO CAMARGO JAUREGUI  
CARLOS HUMBERTO OVIEDO SANABRIA

**DIRECTOR:** DIANA MARCELA CHAVEZ RAMIREZ

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN
OMAR MAURICIO DUARTE VERA	1650281	5.0

**OBSERVACIONES:** LAUREADO

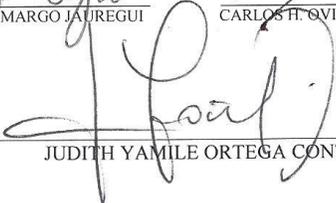
**FIRMA DE LOS JURADOS:**

  
CLAUDIA Y. CUBEROS OROZCO

  
WILHEM H. CAMARGO JAUREGUI

  
CARLOS H. OVIEDO SANABRIA

Vo.Bo. Coordinador Comité Curricular

  
JUDITH YAMILE ORTEGA CONTRERAS

## **Dedicatoria**

Dedico este logro inicialmente a mi madre, quien es la motivación para cumplir cada uno de mis sueños, a ella que me apoya y me aconseja, gracias por estar siempre de forma incondicional para darme fuerzas. A mi padre quien me ha enseñado que en la vida hay que ser persistente para triunfar. A mi hermana quien me apoyo en muchas aventuras y quien me dio una gran felicidad de tener dos sobrinas geniales. A mis abuelos, los que están y los que ya no me acompañan que me enseñan día a día a luchar, porque esta vida es corta y con muchos sueños por cumplir. A ellos que son parte de lo que soy hoy día.

A la ingeniera Diana Marcela Chávez Ramírez quien con su incondicional apoyo logró aportar muchas experiencias profesionales y de vida a mi formación como ingeniero ambiental, convirtiéndose en un ejemplo a seguir.

De igual forma a mis amigos que con su incondicional apoyo me motivaron a seguir, así la situación fuera difícil, aquellos que siempre estarán para alegrarse de los triunfos. Por último lo dedico a todos los profesionales que aportaron de manera significativa al adecuado desarrollo de este proyecto, inculcando procesos y prácticas de un verdadero ingeniero, y por quienes hoy siento que hice un buen trabajo.

Duarte Vera Omar Mauricio

## **Agradecimientos**

Agradezco inicialmente a la empresa Aseo Urbano S.A.S. E.S.P. por permitirme desarrollar el proyecto en sus instalaciones, además de brindar el apoyo técnico y logístico a la elaboración de cada una de las actividades realizadas. A los profesionales miembros de la empresa ya que con su apoyo y asesoría colaboraron a la ejecución de los objetivos del proyecto.

A la ingeniera Diana Marcela Chávez Ramírez quien dirigió y aportó su experiencia profesional en el desarrollo y cumplimiento de cada uno de los objetivos del proyecto, brindando asesorías y alternativas a los inconvenientes presentados.

A la docente Claudia Cuberos y los ingenieros Wilhelm Camargo y Carlos Oviedo quienes dieron acompañamiento durante la duración del proyecto, y aportaron su experiencia profesional a dar solución a las diferentes dudas encontradas. A los demás profesores de ingeniería ambiental quienes con sus aportes académicos permitieron el desarrollo del pensamiento ingenieril, capaz de dar solución a las limitaciones encontradas.

Al ingeniero José Manuel Villamizar Ibarra, quien durante su periodo como director encargado del Programa de Ingeniería Ambiental brindo respuestas oportunas, gestionando oportunamente los procesos que estuvieran a su cargo.

Por último a los Ingenieros Ambientales Miguel Ángel Velasco y Sindy Cáceres quienes con su apoyo y asesoría desde el área de Gestión Ambiental de la empresa Aseo Urbano S.A.S. E.S.P. permitieron que se disminuyeran los tiempos de espera de algunos procesos internos, además de orientar en el desarrollo adecuado del levantamiento de datos.

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen	21
Introducción.	23
1. El Problema	25
1.1. Planteamiento Del Problema.	25
1.2. Formulación Del Problema.	27
2. Justificación.	28
3. Objetivos.	30
3.1. Objetivo General.	30
3.2. Objetivos específicos.	30
4. Alcances.	31
5. Limitaciones y Delimitaciones.	32
5.1. Limitaciones.	32
5.2. Delimitaciones.	33
5.2.1. Espacial..	33
5.2.2. Temporal.	33
6. Marco referencial	34
6.1. Antecedentes	34
6.1.1. Proyectos similares..	34
6.2. Marco Teórico.	36
6.2.1. El efecto invernadero.	36
6.2.2. El cambio climático..	36

6.2.3.	El protocolo De Kioto.	38
6.2.4.	Costo De Reducción De Emisiones.	39
6.2.5.	Mecanismos de desarrollo Limpio..	40
6.2.6.	Política nacional.	41
6.2.7.	Residuos sólidos.	45
6.2.8.	Clasificación de los residuos sólidos urbanos.	45
6.2.9.	Recolección y transporte de residuos sólidos urbanos.	46
6.2.10.	Relleno sanitario.	47
6.2.11.	Requerimientos de diseño y construcción de un relleno sanitario.	49
6.2.12.	Procesos de degradación biológica de la materia orgánica.	52
6.2.13.	Los lixiviados.	54
6.2.14.	Composición del lixiviado.	55
6.2.15.	Factores que afectan la producción de lixiviados.	57
6.2.16.	Interacción entre el lixiviado y la producción de biogás.	58
6.2.17.	Biogás.	59
6.2.18.	Factores que afectan la generación de biogás.	67
6.2.19.	Impactos ambientales relacionados con la generación de biogás.	78
6.2.20.	Sistema de extracción de biogás..	79
6.2.21.	Métodos de interpolación espacial.	87
6.2.22.	Validación Cruzada.	89
6.3.	Marco Contextual.	91
6.4.	Marco Legal.	93
7.	Diseño Metodológico.	97

7.1.	Tipo de Investigación.	97
7.2.	Universo y Muestra.	97
7.2.1.	Universo.	97
7.2.2.	Muestra..	98
7.3.	Hipótesis.	99
7.3.1.	Hipótesis Nula.	99
7.3.2.	Hipótesis Alternativa.	99
7.4.	Variables de la Investigación.	100
7.4.1.	Variables dependientes.	100
7.4.2.	Variables independientes.	100
7.5.	Fases De La Investigación.	102
7.5.1.	Fase 1. Diagnóstico de las condiciones de la celda de disposición de residuos sólidos y los factores que afectan la generación de biogás.	103
7.5.1.1.	Aspectos constructivos de la celda de disposición de residuos sólidos.	103
7.5.1.2.	Aspectos operativos de la celda de disposición de residuos sólidos.	103
7.5.1.3.	Aspectos climáticos y meteorológicos presentes en la zona donde se ubica la celda de disposición de residuos sólidos..	104
7.5.1.4.	Cantidad, composición y proyecciones de la disposición de residuos sólidos.	105
7.5.2.	Fase 2. Caracterización y proyecciones del biogás generado por los residuos sólidos dispuestos en el vaso norte.	105
7.5.2.1.	Proyección de la generación de biogás.	105
7.5.2.2.	Composición porcentual del biogás generado.	106
7.5.2.3.	Medición del caudal de biogás generado.	106

7.5.3.	Fase 3. Análisis de las alternativas de captura y aprovechamiento del biogás..	106
7.5.3.1.	Inventario de los elementos ubicados en Bionersis..	106
7.5.3.2.	Identificación de alternativas del sistema de captura, conducción y limpieza del biogás.....	107
7.5.3.3.	Selección de alternativas de aprovechamiento.	107
7.5.4.	Resultados Finales.	107
7.5.4.1.	Alternativa seleccionada para ejecutar el proyecto de aprovechamiento del biogás.....	108
7.5.4.2.	Recomendaciones para el adecuado desarrollo de la alternativa seleccionada.	108
8.	Resultados	109
8.1.	Diagnóstico De Las Condiciones Del Vaso De Disposición De Residuos Sólidos Y Los Factores Que Afectan La Generación De Biogás.	109
8.1.1.	Aspectos constructivos del vaso de disposición de residuos sólidos.	109
8.1.1.1.	Construcción de celdas.	109
8.1.1.2.	Estimación del volumen y tiempo de uso de las celdas.	112
8.1.1.3.	Identificación de zonas del Vaso Norte.	113
8.1.1.4.	Determinación de la profundidad en las diferentes zonas del vaso norte.	127
8.1.2.	Aspectos operativos de la celda de disposición de residuos sólidos.	128
8.1.2.1.	Manejo de lixiviados.	128
8.1.2.2.	Densidad de compactación de los residuos en vaso norte.	133
8.1.2.3.	Espesor de las coberturas intermedias de residuos.	135
8.1.2.4.	Adecuaciones de las zonas de disposición ya clausuradas..	138

8.1.3.	Condiciones Meteorológicas en la zona donde se encuentra ubicado el Vaso Norte.....	139
8.1.3.1.	Estaciones meteorológicas en el PTAG.	139
8.1.3.2.	Precipitación..	141
8.1.3.3.	Radiación solar.	151
8.1.3.4.	Evaporación.	151
8.1.4.	Cantidad, composición y proyecciones de la disposición de Residuos sólidos.	152
8.1.4.1.	Cantidad de residuos sólidos dispuestos en el vaso norte.	152
8.1.4.2.	Composición de los residuos sólidos dispuestos en el vaso norte.	153
8.1.4.3.	Proyección de la disposición final de residuos sólidos en el vaso norte.	158
8.2.	Diagnóstico Del Biogás Generado Por Los Residuos Sólidos Dispuestos En Vaso Norte.....	161
8.2.1.	Proyección de la generación de biogás.	161
8.2.2.	Composición porcentual del biogás generado..	172
8.2.3.	Medición del caudal del biogás generado.	194
8.3.	Análisis De Las Alternativas De Captura Y Aprovechamiento.	197
8.3.1.	Inventario de los elementos ubicados en Bionersis.	198
8.3.2.	Identificación de las alternativas del sistema de captura, conducción y limpieza del biogás....	199
8.3.2.1.	Sistema de captura de biogás.	200
8.3.2.2.	Sistema de conducción del biogás.	202
8.3.2.3.	Eliminación de componentes nocivos del biogás.	202
8.3.3.	Selección de las alternativas de aprovechamiento.	209

8.3.3.1.	Alternativa 1: Generación de electricidad con motores de combustión interna.	211
8.3.3.2.	Alternativa 2: Uso de biogás con Btu-Alto como combustible de vehículos compactadores.	218
8.3.3.3.	Alternativa 3: Uso de biogás con Btu-alto para inyectarlo en redes de gas natural.....	219
8.4.	Resultados finales.	222
8.4.1.	Selección de la alternativa de captura y aprovechamiento.	222
8.4.2.	Recomendaciones para el adecuado desarrollo de la alternativa seleccionada..	225
9.	Conclusiones	227
10.	Bibliografía	228
Anexos		231