



Universidad de Nariño

INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

IPSE

Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA A PARTIR DEL BIOGÁS DEL RELLENO SANITARIO ANTANAS DEL MUNICIPIO DE PASTO



pers
Nariño

Plan de Energización Rural Sostenible

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA A PARTIR DEL BIOGÁS DEL RELLENO SANITARIO ANTANAS DEL MUNICIPIO DE PASTO

COORDINADOR Y FORMULADOR:

David Salcedo Castillo

Ing. Electricista, Esp. Administración de Empresas Constructoras

ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN:

John Fredy Castillo

Andrés Felipe Orozco

COLABORADORES:

Diana Mesías

Ing. Sanitaria y Ambiental

Álvaro León Ibarra

Ing. Mecánico

Renato Pantoja

Ing. Químico

Carlos Nastar

Ing. Eléctrico

Alejandro Romero

Ing. Civil

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

PERS-Nariño

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

UPME

USAID

IPSE

San Juan de Pasto – Nariño

Colombia

2015

CONTENIDO

1.	FICHA DEL PROYECTO.....	4
2.	RESUMEN DEL PROYECTO	5
3.	IDENTIFICACIÓN	8
3.1.	Diagnóstico de la Situación Actual	8
3.1.1.	Diagnóstico del Área Influenciada por el Proyecto	15
3.1.2.	Diagnóstico de los Participantes	17
3.1.3.	Diagnóstico del Servicio	19
3.2.	Marco de Referencia	21
3.2.1.	Contribución a la Política Pública	21
3.2.2.	Antecedentes	22
3.2.3.	Estado del Arte	34
3.3.	Problema Central, Causas y Efectos	41
4.	FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA	41
4.1.	Nombre de la alternativa	41
4.2.	Resumen de la Alternativa	41
4.3.	Objetivos	43
4.3.1.	Objetivo General	43
4.3.2.	Objetivos Específicos.....	43
4.4.	Productos, Actividades y Personal Requerido	44
4.5.	Identificación y Descripción de la Innovación Propuesta	47
4.6.	Metodología y Distribución de Responsabilidades	67
4.7.	Indicadores de Objetivo General, de Producto y de Gestión.....	71
4.7.1.	Indicadores que miden el Objetivo General	71
4.7.2.	Indicadores de producto, Objetivos Específicos	71
4.7.3.	Indicadores de Gestión	73
4.8.	Fuentes de Verificación y Supuestos.....	74
4.8.1.	Fuentes de verificación y supuestos para actividades, Objetivo Específico	74

4.8.2.	Fuentes de verificación y supuestos para productos, Objetivos Específicos	77
4.9.	Bienes y/o Servicios	79
4.9.1.	Beneficios por generación de mano de obra calificada	80
4.9.2.	Beneficios por generación de empleo	80
4.9.3.	Beneficios por aumento en la búsqueda y procesamiento de la información	80
4.10.	Beneficios e Ingresos.....	81
4.11.	Horizonte del Proyecto	81
4.12.	Impactos Esperados	82
4.13.	Efectos Ambientales.....	83
4.14.	Análisis de Riesgos	89
4.15.	Análisis de Sostenibilidad.....	91
4.16.	Cronograma.....	93
	Ver tabla de cronograma de actividades en Anexo	93
4.17.	Presupuesto del Proyecto de sistema de generación con Biogas en el RSA.....	95
5.	Bibliografía	97
6.	ANEXO	100

1. FICHA DEL PROYECTO

Título del proyecto:	Estudio de prefactibilidad de generación de energía eléctrica A partir del biogás del relleno sanitario del municipio de pasto	
Entidad formuladora:	Universidad de Nariño, Departamento de Electrónica, dentro de los objetivos y alcance del PERS (Plan de Energización Rural Sostenible para el departamento de Nariño).	
Entidad beneficiaria:	Municipio de Pasto, Vereda la Josefina	
Entidad ejecutora:	Universidad de Nariño, Departamento de Electrónica, dentro de los objetivos y alcance del PERS.	
Otras instituciones participantes:	UPME, IPSE, TETRA TECH, GOBERNACION DE NARIÑO, ASC INGENIERIA SA ESP.	
Duración del proyecto (meses):	3	
Costo total del proyecto:		
Monto solicitado:		
Monto total de la contrapartida:		
Contrapartida de la entidad beneficiaria:	En efectivo:	En especie:
Lugar de ejecución del proyecto:	Ciudad: Pasto	Departamento: Nariño
Persona responsable del proyecto:	Empresa/institución: Univ. De Nariño – Departamento de Electrónica – PERS	Cargo:



Universidad de Nariño



2. RESUMEN DEL PROYECTO

Este estudio de Prefactibilidad está centrado en la posibilidad de generación de energía eléctrica utilizando el biogás producido por la descomposición anaeróbica de los residuos sólidos en el Relleno Sanitario Antanas (RSA) ubicado en el municipio de Pasto, Colombia. La Dirección Técnica del proyecto “Plan de Energización Rural Sostenible” (PERS NARIÑO) solicitó la realización de este informe, como una de sus investigaciones entregables ante la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el programa de energías limpias para Colombia (CCEP) de USAID por medio de la empresa TETRA TECH y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE); entidades promotoras y aliadas del proyecto PERS ejecutado por el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Nariño.

El objetivo del proyecto es plantear la implementación de un generador (planta compuesta por motor de combustión interna), utilizando parte del sistema de extracción de Biogás existente, la cual actualmente no se encuentra en uso por motivos jurídicos y administrativos. Se espera que la energía generada abastezca la demanda propia del RSA y que los excedentes de energía se puedan vender en bloque mediante contratos de largo plazo a una empresa Comercializadora de energía eléctrica de la región, de tal manera que el proyecto ocasione la implementación de un fondo comunitario para promoción de proyectos productivos en la Vereda la Josefina como población rural beneficiada.

El problema identificado consiste específicamente en que la energía presente en el poder calorífico del Metano, se está desperdiciando, pues en la actualidad simplemente se realiza combustión pasiva a cierto porcentaje del Biogás que se está produciendo en el relleno.

Se considera que las soluciones a este problema, que además se convertirían en opciones de ingresos para el proyecto serían:

- **Generación de energía eléctrica:** Aprovechando el poder calorífico del Metano presente en el Biogás como combustible para poner en funcionamiento un generador, que, con las proyecciones actuales del RSA (ver anexo 5) podría tener inicialmente una capacidad instalada de 740 kW y llegar hasta los 1500 kW (1.5 MW), si se logra interconectar el sistema de extracción de Biogás generado en los vasos II y III en iguales periodos de tiempo, aunque estos no sean muy prolongados. Queda abierta la posibilidad de incrementar ingresos por generación de energía eléctrica y aprovechamiento térmico mediante la adaptación de un sistema de cogeneración aprovechando la alta temperatura de los gases emanados por la combustión.
- **Certificados de Reducción de Emisiones:** en un futuro, si las condiciones para venta de Certificados de Reducción de Emisiones de gases de Efecto Invernadero (GEI) mejoran, se podrían obtener ingresos adicionales por la reducción de las emisiones ocasionadas por la combustión del Metano. En este caso, la composición del biogás tiene un promedio de 43.7% de metano, cuya quema fue la visión inicial del esquema de negocio implementado en 2009 por la empresa franco- chilena BIONERSIS SA. En el caso de montarse el sistema de



Universidad de Nariño



generación, la obtención de certificados de reducción de emisión se convertiría en una actividad alterna o secundaria. Es importante considerar que los beneficios ambientales del proyecto son notables, pues, el Metano es 21 veces más contaminante que el CO₂.

Con respecto a la información general del proyecto, se resume de la siguiente manera:

- El Relleno Sanitario Antanas se empezó a proyectar para dos nuevos vasos a partir del año 2005 y es el sitio de disposición de residuos sólidos del Municipio de Pasto, que tiene una población de aproximadamente 417.484 habitantes proyectada para junio 30 de 2011 con Base en el Censo General de 2005 según el DANE. El vaso I ya se encuentra fuera de operación, la proyección de los vasos II y III es hasta el año 2037, y su capacidad final de disposición es de aproximadamente 2,6 a 3.1 millones de metros cúbicos.
- El relleno sanitario tiene una extensión de 25 hectáreas disponibles para operación de disposición de los residuos, con una altura de almacenamiento de 18 m, 4 capas cada una de 4.5 m, un volumen promedio diario de hasta 250 toneladas, de acuerdo a registros obtenidos y las proyecciones del documento PGIRS PASTO 2007- 2022. Todo el terreno pertenece al Municipio de Pasto y actualmente es operado por la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS PASTO SA ESP.
- En el informe se encuentran registros históricos de disposición de residuos, caracterización, densidad y años de operación. La disposición futura se estima a partir de los registros obtenidos y las proyecciones del documento PGIRS PASTO 2007 – 2022.
- De acuerdo a registros y cálculos estadísticos obtenidos del proceso de extracción de biogás, se proyecta que para el año 2014 el flujo promedio sería de 446 metros cúbicos por hora. En un escenario optimista y con la ampliación de la interconexión de pozos del sistema de extracción de los vasos II y III, podría aumentar a 770 metros cúbicos por hora, pues existen registros de esta cantidad en producción alta (ver anexo 5).
- La demanda actual de energía del Relleno Sanitario Antanas es de aproximadamente 20.348.kWh/mes, mientras que el consumo de la planta de extracción de Biogás es en promedio 7.500.kWh/mes. Los 35 usuarios de la Vereda La Josefina consumen en promedio 5.000.kWh/mes y la proyección estimada de ampliación de carga es de 15.000.kWh/mes teniendo en cuenta las necesidades futuras del proceso de disposición de residuos en el RSA y del proceso de generación de energía como tal. (información entregada por la empresa comercializadora de energía ASC INGENIERIA SA ESP)
- Es importante mencionar que la energía generada no podrá ser entregada como flujo energético permanente a la población de la Vereda la Josefina, pues dada la estructuración del mercado energético colombiano, quien suministra la energía a usuarios finales es el Agente Comercializador. Igualmente, los usuarios finales reciben atención referente a expansión y



Universidad de Nariño



mantenimiento de las redes por parte del Agente Distribuidor (Operador de red) y el usuario final paga como contraprestación por estos y otros servicios en su factura mensual de energía. Así, solamente como un sistema de respaldo en caso de suspensión del servicio, por medio de transferencias manuales o automáticas, se podría energizar la Vereda al sistema de generación del RSA. La regulación derivada de las leyes 142 /1994 (Ley de Servicios Públicos Domiciliarios) y ley 143 /1994 (Ley eléctrica) y sus decretos complementarios, define claramente las funciones de los agentes participantes en el Mercado de Energía Mayorista, Generador, Comercializador, Transportador y Distribuidor (Operador de red). Con base en esta normatividad un agente comercializador es el que puede brindarle energía permanente a los usuarios de la vereda, en este escenario, sí se pretendiera llegar a este objetivo, sería obligatorio convertirse en agente comercializador o hacerlo por medio de uno ya existente en la región.

- Los ingresos mensuales esperados por ventas de energía mediante un contrato de representación con un Agente Comercializador, están alrededor de los 67 millones de pesos, de los cuales, sin ningún tipo de deuda o financiamiento adquirido, aproximadamente 35 millones serían utilidades mensuales netas. En caso de adquirir financiación del 50% del valor del proyecto las utilidades netas después del cumplimiento de la deuda serían de 9 millones de pesos. Este panorama genera confianza inversionista y la posibilidad de implementar el Fondo Comunitario para apoyo a proyectos productivos de la Vereda La Josefina, principal comunidad rural beneficiada (ver tabla 35, simulación financiera de alternativas).



3. IDENTIFICACIÓN

3.1. Diagnóstico de la Situación Actual

En la actualidad el RSA tiene clausurado el Vaso I, en el cual se encuentra implementado un parque ecológico y las oficinas administrativas del relleno sanitario. El terreno disponible y en uso, es el correspondiente al Vaso II en donde aproximadamente se disponen diariamente 250 toneladas de residuos sólidos. El vaso III aún no entra en operación.

La planta de extracción de Biogás implementada por una empresa de carácter privado Franco – Chilena, se encuentra fuera de operación desde finales de 2013, apenas estuvo en pleno funcionamiento por tres años. Por tal razón, el tratamiento que actualmente se le hace al biogás generado consiste en una eliminación parcial mediante su combustión, con quemadores o antorchas localizadas a lo largo de la tubería de conducción del biogás.

Esta situación ocasiona que desafortunadamente gran parte del biogás generado se emita hacia la atmosfera incrementando de manera significativa los niveles de contaminación en el municipio, y por supuesto la lamentable pérdida del poder calorífico del metano como potencial fuente energética. No puede dejarse a un lado la presencia de malos olores en ciertas áreas del relleno.

La demanda de energía eléctrica en el RSA está caracterizada principalmente por las necesidades operativas del relleno y las de la planta de extracción de biogás, de las cuales se tiene información muy clara de consumo promedio mensual y diario. Dichos datos se obtuvieron directamente de los equipos de medición de la empresa de energía que suministra el servicio en el RSA, la cual es una empresa regional de carácter privado llamada ASC INGENIERIA SA ESP.

El consumo mensual promedio de los equipos instalados en el relleno y pertenecientes al Operador EMAS PASTO SA ESP es de $20.348\text{ kW} - h/mes$, por otra parte, el consumo mensual promedio de la planta de extracción de biogás en pleno funcionamiento hasta el mes de noviembre de 2012 fue de $7.500\text{ kW} - h/mes$.

La infraestructura de red eléctrica en el RSA se deriva a partir del alimentador primario que energiza el municipio de Buesaco, proveniente de la subestación Pasto perteneciente a CEDENAR SA ESP, quien es el Operador de Red local. A partir de una estructura de paso muy cercana al acceso principal hacia el RSA se deriva un circuito de media tensión, aéreo, 13.200 Voltios , trifásico, tres hilos en cable ACSR 1/0 de aproximadamente 150 metros de longitud hasta llegar a una estructura de retención a partir de la cual se derivan dos circuitos trifásicos, uno de ellos con longitud aproximada de 80 metros para energizar un transformador de 75 KVA perteneciente a EMAS PASTO SA ESP, del cual se derivan todos los circuitos en baja tensión encargados de energizar los equipos inherentes a los procesos de disposición de residuos, tratamiento de lixiviados, iluminación perimetral, oficinas de administración, control de acceso y laboratorios. El otro circuito de aproximadamente 50 metros para energizar el transformador de la planta de extracción de biogás de 45 KVA . Para censar las variables eléctricas y el consumo de energía, ASC INGENIERIA SA ESP ha instalado en bornes de baja tensión de cada



Universidad de Nariño



transformador un equipo de medición electrónico con precisión clase 0.5 y sistema de telemedición con modem satelital, que permite monitorear el consumo de energía en tiempo real desde su central de monitoreo. Con los datos registrados en estos equipos, se realiza un balance energético promedio para cada mes y cada día de la siguiente manera:

- Balance energético mes septiembre 2013, emas sa esp relleno santario antanas

ENERGIA TOTALIZADA EMAS SA ESP RELLENO SANITARIO ANTANAS			
MES	CONSUMO ENERGIA ACTIVA	CONSUMO ENERGIA REACTIVA	CONSUMO ENERGIA REACTIVA PENALIZADA
SEPTIEMBRE 2013	13919.46	8492.62	1533.00

Tabla.1. Energia totalizada del mes de septiembre de 2013

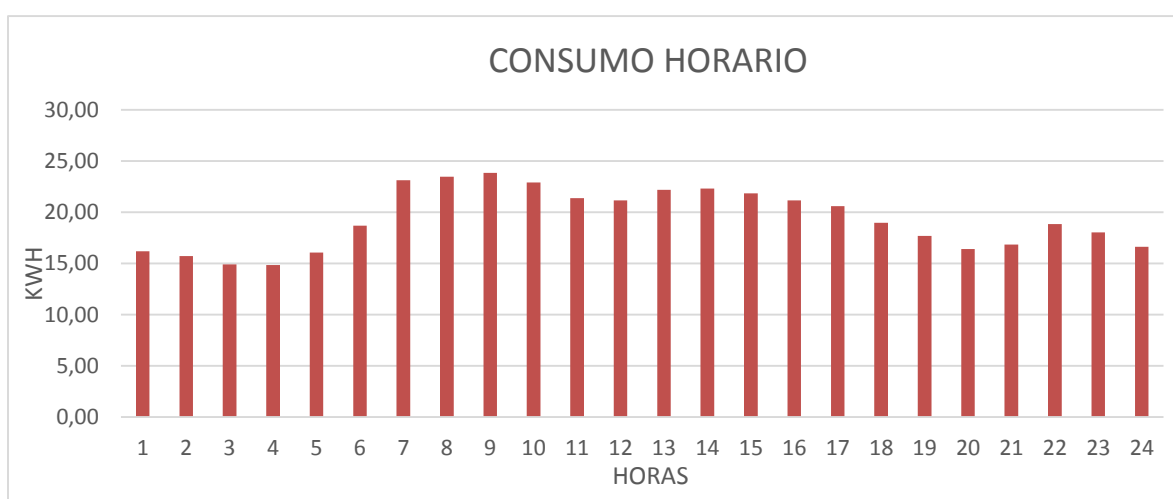


Fig.1. Consumo energético horario del mes de septiembre de 2013

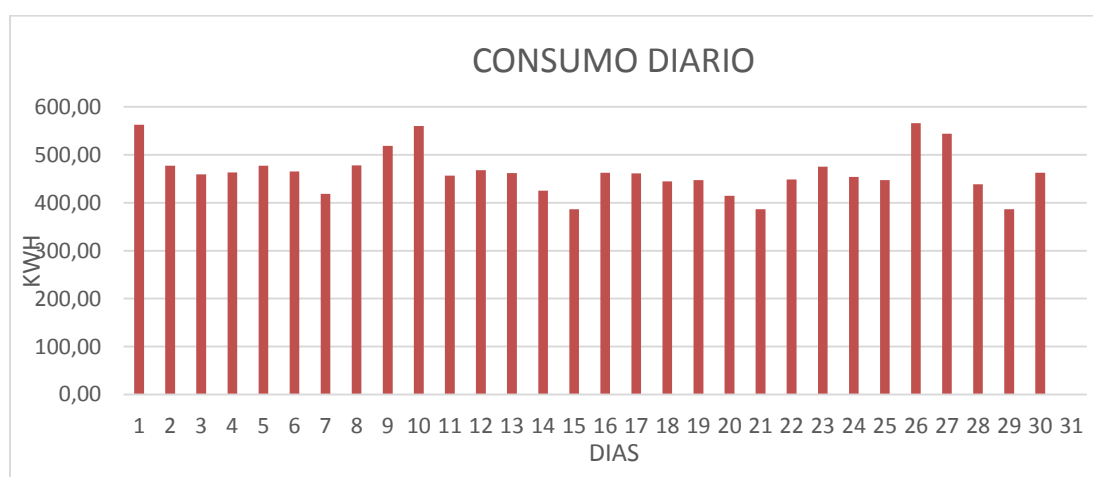


Fig.2. Consumo energético diario del mes de septiembre de 2013

- Balance de energía mes noviembre 2012, planta de extracción de biogas

ENERGIA TOTALIZADA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE BIOGÁS			
MES	CONSUMO ENERGIA ACTIVA	CONSUMO ENERGIA REACTIVA	CONSUMO ENERGIA REACTIVA PENALIZADA
NOVIEMBRE DE 2012	7359.52	1487.88	0.00

Tabla.2. Energía totalizada del mes de Noviembre de 2012



Fig.3. Consumo energético horario del mes de noviembre de 2012

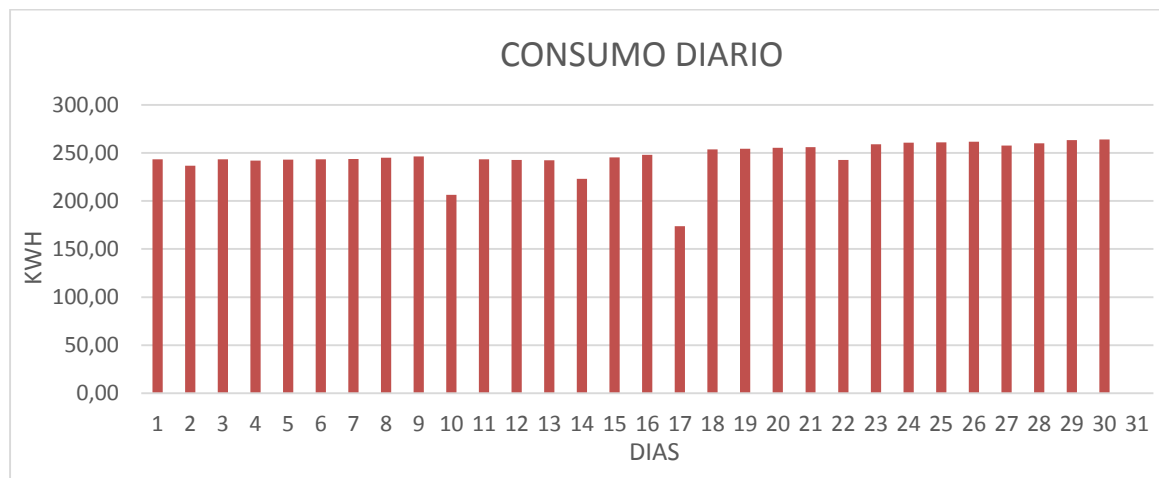


Fig.4. Consumo energético diario del mes de noviembre de 2012

En la factura de energía del mes de noviembre de 2013 emitida por ASC INGENIERIA SA ESP, se cobró a EMAS PASTO SA ESP un valor de \$ 4'014.104 por el consumo de energía en el RSA, la tarifa aplicada para ese mes en particular fue para Usuario nivel de tensión 1 con propiedad de activos, energía activa \$ 342.35 / $kW - h$ y energía reactiva \$ 105.20/ $kW - h$ penalizado.



Universidad de Nariño

INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



IPSE
Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

Igualmente, en la última factura emitida a la planta de extracción de Biogás, correspondiente al mes de noviembre de 2012 el cobro fue por \$ 2.936.430 para un consumo de energía activa en ese mes de 7359.52 $kW - h$. La tarifa aplicada para ese mes en particular fue para Usuario nivel de tensión 1 con propiedad de activos, energía activa \$ 332.50/ $kW - h$ y energía reactiva \$ 106.37/ $kW - h$ penalizado. El consumo promedio mensual de energía en la planta de extracción de Biogás es de 7.500 $kW - h$.

En la Figura 5 se observa un diagrama general de la red eléctrica del RSA, la red de media tensión en rojo y la de baja tensión en verde. Esta red de media tensión que energiza al RSA, en general se encuentra en buen estado, el principal inconveniente es la continua salida del circuito ocasionada por descargas atmosféricas que hacen actuar los cortacircuitos ubicados en la estructura de arranque, generando ausencia del servicio por algunas horas hasta que funcionarios de la empresa de energía ASC INGENIERIA SA ESP acuden a normalizar los cortacircuitos cuando el daño ocasionado no requiere la actuación de un seccionador principal o inclusive del interruptor general en la subestación Pasto, en caso tal, es necesario que CEDENAR SA ESP en su calidad de Operador de Red actúe para solucionar el daño y proceder a normalizar el circuito. Cabe mencionar que en cualquiera de los eventos mencionados, la responsabilidad de acudir al usuario es del Operador de Red, pues está descrito en la normatividad que regula la prestación del servicio y las funciones de cada Agente del mercado de Energía Mayorista.

Un problema adicional detectado con el analizador de redes instalado y que se corrobora con los datos de facturación, es el elevado consumo de energía reactiva que en promedio mensualmente penaliza 4522 $kW - h$, es decir, un valor mensual cercano a los \$ 180.000 que en los meses de mayor consumo sobrepasa los \$ 250.000.

La red eléctrica de la Vereda La Josefina, se deriva de un circuito aéreo en media tensión trifásico, tres hilos a partir de una estructura muy cercana a la vía panamericana. La red eléctrica energiza tres transformadores: uno monofásico con potencia de 10 KVA para satisfacer las necesidades energéticas a 7 usuarios, otro transformador monofásico de 15 KVA que energiza 12 usuarios de la zona central y más poblada de la vereda en donde se encuentra la escuela. El otro circuito llega a un transformador trifásico de 75 KVA, del cual se conectan 14 usuarios pertenecientes a un sector un poco distante de la zona central de la vereda.



Fig.5. Localización terrestre de la red eléctrica del Relleno Sanitario Antanas

EMAS PASTO SA ESP RELLENO SANITARIO ANTANAS		
MES	* CONSUMO ENERGIA ACTIVA	* CONSUMO ENERGIA REACTIVA
JUNIO 2012	19073.78	5555.37
JULIO 2012	22490.28	4873.44
AGOSTO 2012	24872.67	5050.79
SEPTIEMBRE 2012	23793.82	4400.53
OCTUBRE 2012	24807.38	4686.01
NOVIEMBRE 2012	20979.66	4081.25
DICIEMBRE 2012	22491.30	6965.17
ENERO 2013	20749.64	5688.88
FEBRERO 2013	18403.00	5325.25
MARZO 2013	20528.28	4782.68
ABRIL 2013	17622.26	3346.40
MAYO 2013	22677.62	5696.19
JUNIO 2013	23959.02	4379.43
JULIO 2013	19501.72	2577.58
AGOSTO 2013	17657.54	1413.08
SEPTIEMBRE 2013	13919.46	1533.00
OCTUBRE 2013	12392.08	1939.63
ENERGIA CONSUMIDA	345,919.51	72,294.68
PROMEDIO MENSUAL	20,348.21	4,252.63
* DATOS REPORTADOS POR LA EMPRESA DE ENERGIA ASC INGENIERIA SA ESP		

Tabla.3. Consumo energético del Relleno sanitario Antanas

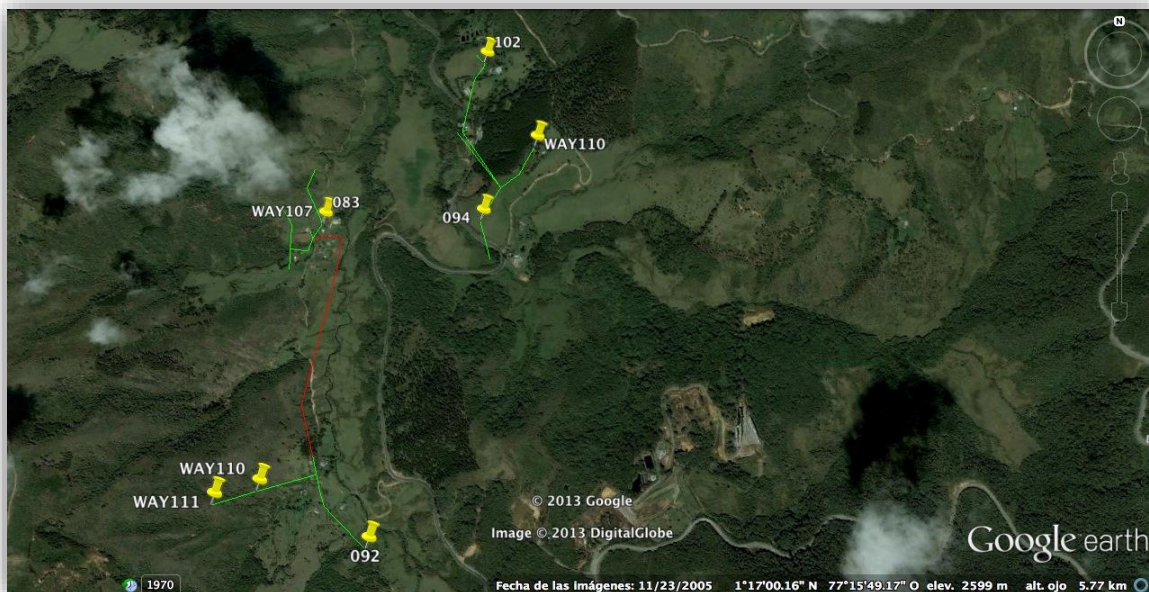


Fig.6. Localización terrestre de la red eléctrica de la Vereda La Josefina

En la Figura 6 se observa un diagrama general de la red eléctrica de la Vereda La Josefina, la red de media tensión en rojo y la de baja tensión en verde. En la parte central, inferior derecha el RSA.

En resumen, la Vereda La Josefina tiene 35 usuarios, su red eléctrica se encuentra en buen estado, todos los usuarios se encuentran conectados. En el aspecto energético el principal problema que se presenta en el sector es la continua interrupción del servicio, ocasionada generalmente por descargas atmosféricas, las cuales ocurren con relativa frecuencia en la zona. Por otra parte, el servicio de alumbrado público se podría mejorar con la repotenciación de algunas luminarias y la instalación de otras en sectores que carecen de iluminación, principalmente en aquellas vías que comunican un centro poblado con otro.

Los datos consignados en los puntos GPS del RSA mostrado en la Figura 7 y de la Vereda la Josefina mostrado en la Figura 8 especifican el tipo de estructura así como su tipo de red y el calibre del conductor Ver tabla en Anexo

- Resumen de Estructuras y Esquema de Redes Eléctricas

Estructuras de media tensión

- RH-231-RH233: Estructura en H de retención disposición horizontal
- 550: Estructura de retención terminal trifásica disposición horizontal
- 560: Estructura de retención trifásica disposición horizontal
- 532: Estructura de paso trifásica disposición horizontal
- 711: Estructura para montaje de transformador trifásico

- P101: Estructura de paso trifásica disposición triangular
- 514: Estructura terminal bifásica disposición triangular
- 710: Estructura para montaje de transformador monofásico
- 521: Estructura de paso trifásica disposición bandera

Estructuras de baja tensión

- 613: Estructura de paso percha de 4 puestos
- 615: Estructura de retención percha de 4 puestos
- 616: Estructura terminal doble percha de 4 puestos
- 617: Estructura de paso percha de 3 puestos
- 619: Estructura de retención percha de 3 puestos
- 620: Estructura terminal doble percha de 3 puestos

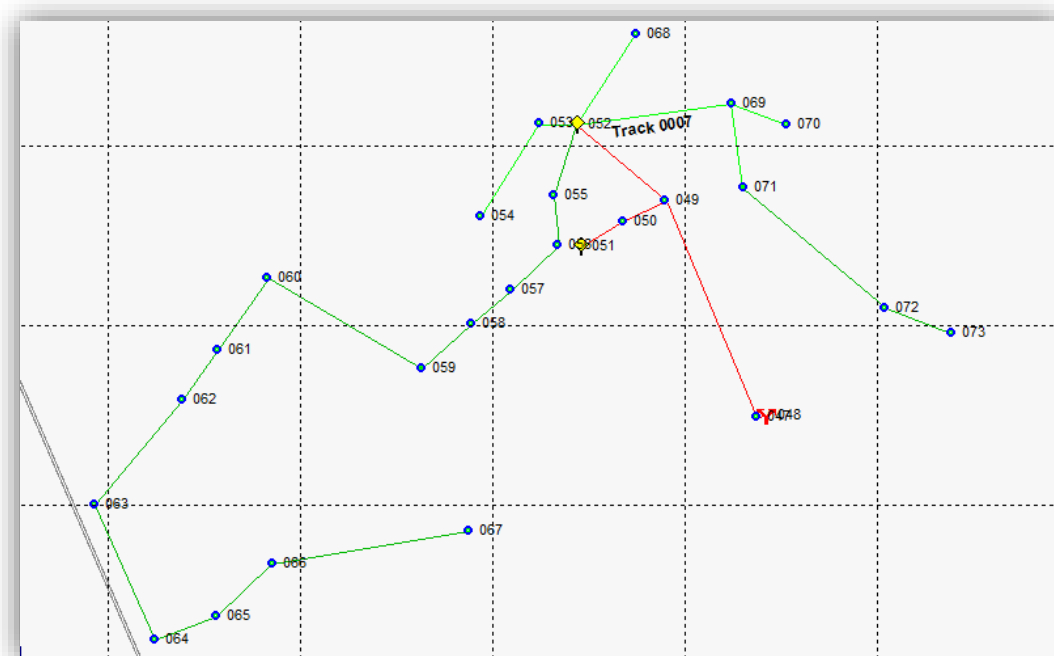


Fig.7. Estructura eléctrica GPS del RSA

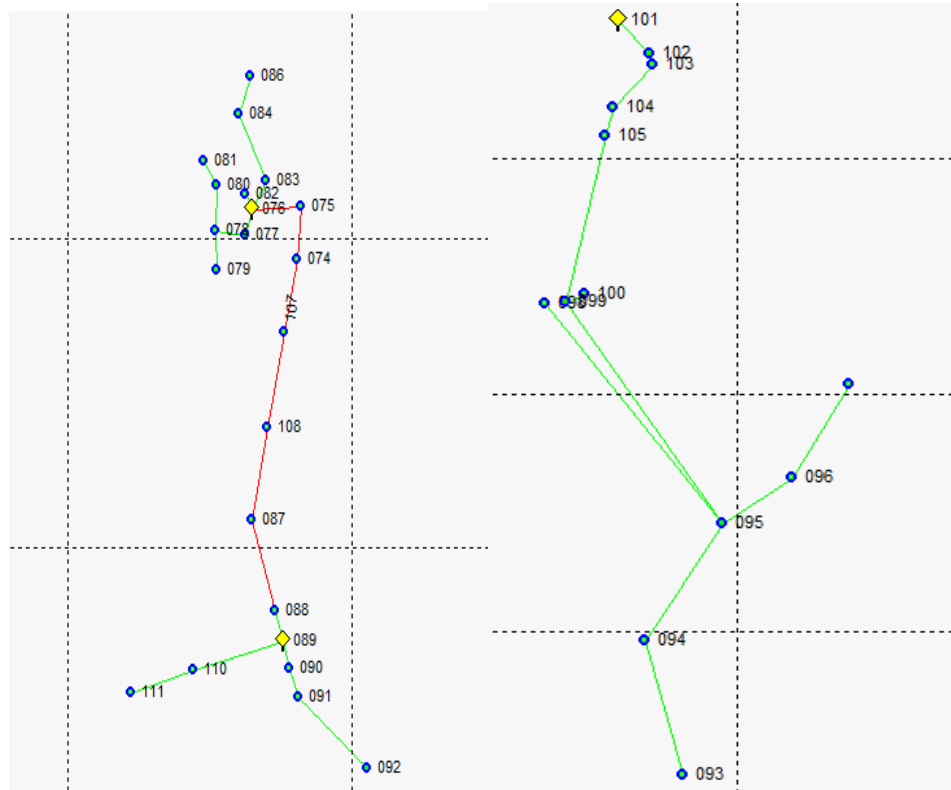


Fig.8. Estructura eléctrica GPS de la Vereda la Josefina

3.1.1. Diagnóstico del Área Influenciada por el Proyecto

El Relleno Sanitario Antanas mostrado en la Figura 9 se encuentra situado en el sector norte fuera del perímetro urbano de Pasto vía Panamericana por la variante que conduce al municipio de Buesaco, a una altura de 2700 msnm con una temperatura media de 13 °C. El tipo de suelo es limo arenoso y cuenta con una topografía montañosa, cuyas pendientes están entre el 5% al 8% en la parte baja y mayores al 15% en la parte alta. La vegetación y clima de la zona son característicos de un ecosistema de alta montaña. La carretera de acceso al relleno es pavimentada, con buenas especificaciones de rodadura, la cual está señalizada con el fin de evitar accidentes por las diferentes actividades que demandan salida y entrada de vehículos.

Está limitado al Sur por la vía que conduce al municipio de Buesaco, al Norte por la quebrada Yuyas, al Oeste con el afluente más occidental de la quebrada Yuyas en su margen izquierda y al Este con el drenaje más oriental de la quebrada Yuyas en su margen izquierda, definido por las coordenadas 632.769 N a la 633.274 N y de la 979.124 E a la 979.630 E.

El terreno total comprende aproximadamente 100 ha, casi el setenta y cinco por ciento de él se utiliza como “cinturón verde”, amortiguador ecológico de los terrenos aledaños. 25 hectáreas están previstas

como área del relleno. Con una altura de almacenamiento de 18 m, 4 capas cada una de 4.5 m, un volumen Diario de hasta 232 toneladas.



Fig.9. Relleno Sanitario Antanas

En la zona donde se localiza el RSA existen afloramientos naturales de agua que posteriormente se convierten en afluentes específicamente de la quebrada Yuyas. Algunas de las características físico-químicas y microbiológicas de las fuentes de agua en el RSA se describen a continuación:

Las quebradas presentan índices relativamente bajos de contaminación orgánica por coliformes fecales. Las fuentes hídricas, que recorren los predios del relleno se pueden catalogar como aguas superficiales de buena calidad aptas para uso doméstico y preservación de flora y fauna.

Las condiciones de pendiente, hacen que el agua escurra fácilmente sin que se presente zonas de inundación, excepto en los límites de la quebrada donde debido a los cambios de topografía se aprecian zonas húmedas en 3 metros alrededor del paso de la quebrada Yuyas.

La quebrada Yuyas recibe por la izquierda las aguas de la quebrada denominada Viernes, cuya ladera izquierda de su cuenca baja, hace parte de las áreas previstas del relleno; luego recibe la quebrada denominada vaso III, la cual está conformada por tres drenajes llamados Bautizo 1, 2 y 3; posteriormente recibe el drenaje del vaso II, que es alimentado por los aportes de los drenajes Montañita 1 y 2 y relleno; por la margen derecha la quebrada Yuyas no recibe drenajes concentrados a lo largo de su límite con el área del RSA, pero si recibe drenaje de ladera, en consecuencia, las quebradas vaso II y vaso III constituyen corrientes de orden 2, y la corriente de la quebrada Yuyas a lo largo de su recorrido por el límite del RSA, es de orden 3.

Por otro lado la vereda La Josefina, perteneciente al corregimiento Morasurco en donde esta el lote del RSA cuenta con aproximadamente unos 300 habitantes, es el asentamiento más cercano al relleno sanitario Antanas.

El corregimiento Morasurco donde está localizada la vereda La Josefina, limita al norte con el Municipio de Chachagüí, al sur con el perímetro urbano y el Corregimiento de Mapachico, por el oriente con la Vereda de Buesaquillo y las zonas suburbanas de Cujacal, Aranda y Tescual, por el occidente, con los corregimientos de Mapachico y Genoy. Ver tabla Veredas del Corregimiento Morasurco en donde está ubicado el relleno sanitario Antanas en Anexo

La identificación de los riesgos para el proyecto en el corregimiento de Mosasurco, donde se encuentra ubicada la Vereda la Josefina y el RSA se muestra en la tabla Identificación de riesgos en Anexo.

3.1.2. Diagnóstico de los Participantes

Se han identificado varios actores de gran importancia en la implementación de un proyecto que permita solucionar el problema fundamental detectado en este relleno sanitario: los usuarios de la zona rural adyacente y las empresas directamente relacionadas con la operación del relleno sanitario.

En su calidad de empresa encargada de la operación del RSA, EMAS PASTO SA ESP juega un importantísimo papel como facilitador, cooperante y beneficiario de un proyecto enmarcado dentro de las fuentes energéticas renovables no convencionales como solución planteada, pues, además de recibir ingresos adicionales por la venta de excedentes energéticos cuando estos se ocasionen, el proceso de extracción y combustión del biogás mejoraría su nivel de prestación del servicio como empresa gestora y promotora de beneficio ambiental para la ciudad, ya que, es bien conocido el alto nivel de contaminación del CH₄ emanado hacia la atmosfera, aunado a esto, la posibilidad de tener un sistema eléctrico interconectado a la red local y a la nueva subestación eléctrica a partir del sistema alternativo de generación de energía eléctrica le garantizaría la continuidad del servicio de manera casi ininterrumpida.

Enmarcada dentro de los objetivos del PERS, La vereda la Josefina como población rural cercana al RSA tendría el rol de beneficiaria, ya que, en el esquema de negocios a plantearse se pensaría en crear un fondo comunitario para el emprendimiento de proyectos productivos, manejado directamente por la comunidad, asesorada y apoyada por los grupos de investigación de la Universidad de Nariño; el fondo comunitario recibiría ingresos mensuales por la venta de excedentes de energía en un porcentaje que dependería principalmente de la cantidad y precio de venta del kilovatio hora vendido. Los márgenes de utilidad esperados, son muy importantes para definir el porcentaje de apoyo al fondo comunitario, cabe mencionar, que éstos no necesariamente serían los mismos mes a mes, pues, las cantidades de energía y las tarifas pueden tener variaciones

En la actualidad, los proyectos de generación con otras tecnologías (principalmente hidráulica y térmica) por normatividad, deben transferir un porcentaje de sus ventas a los municipios aledaños, aquellos que se encuentran dentro de la zona de influencia del proyecto.

Para el caso de las energías renovables no convencionales no existe un marco regulatorio como tal que obligue a realizar transferencias como las mencionadas, no obstante, se encuentra en estudio para aprobación en la Cámara de Representantes la implementación de la ley 096 de 2012, más conocida como la nueva “ Ley de las Energías Renovables “ que además de regular la entrada, puesta en marcha e interconexión al Sistema Interconectado Nacional de estas fuentes de generación, pretende dar alivios e incentivos tributarios y financieros a aquellas empresas que incursionen en este tipo de emprendimientos tecnológicos.

Habría que esperar entonces, que define esta nueva ley y cómo afectaría financieramente los proyectos de generación con renovables no convencionales, mientras tanto, los análisis económicos para el caso que compete dentro de este estudio de factibilidad se realizarán como si se tratara de un proyecto de generación convencional.

La Universidad de Nariño, se desempeñaría como entidad cooperante, de manera inmediata formulando y gestionando las fases siguientes de este proyecto, además, su contribución en conocimiento para los proyectos productivos de la comunidad y su capacidad como gestora ante las diversas entidades y fondos de apoyo de indole estatal y privado, todo enmarcado dentro de la línea de investigación en energías renovables y eficiencia energética.

Finalmente, la empresa de energía ASC INGENIERIA SA ESP, actual proveedor del servicio de energía en el RSA, tendría una participación fundamental como cooperante y desde cierto punto de vista como beneficiario, pues, además de participar con aportes en dinero o especie en la formulación de un proyecto de generación, es garante de que la energía generada se podrá vender sin mayores inconvenientes y a un precio promedio, pues, la empresa ha manifestado su interés de comprar toda la energía generada mediante contrato de largo plazo, lo cual asegura la entrada de ingresos y por ende la sostenibilidad del proyecto. En cualquier tipo de emprendimiento garantizar la total e inmediata venta del bien producido, disminuye el nivel de riesgo y genera un elevado nivel de confianza inversionista. Lo anteriormente expresado, la empresa mencionada lo confirma con la remisión de carta de interés diligenciada por el representante legal, la cual hace parte de este documento.

El municipio de Pasto es uno de los grandes beneficiados, principalmente desde el punto de vista ambiental, ya que, el nivel de contaminación en la región disminuiría considerablemente por la combustión del CH₄.

PARTICIPANTE	POSICIÓN	TIPO de CONTRIBUCIÓN	EXPERIENCIA PREVIA
EMAS PASTO SA ESP	Beneficiario	Aportes económicos en especie y/o efectivo, conocimiento	Operador del relleno sanitario
VEREDA LA JOSEFINA	Beneficiario		Ninguna
MUNICIPIO DE PASTO	Beneficiario	Gestion, aportes económicos en especie y/o efectivo	Gestión, aporte de recursos
ASC INGENIERIA SA ESP	Cooperante	Aportes económicos en especie y/o efectivo, conocimiento	Agente comercializador del mercado de energía mayorista
UNIVERSIDAD DE NARIÑO	Cooperante	Formulacion, aportes económicos en especie y/o efectivo	Formulador, consultor, gestor de proyectos de energización rural y eficiencia energética

Tabla.4. Análisis de Participantes

3.1.3. Diagnóstico del Servicio

En el Relleno Sanitario Antanas del municipio de Pasto, operado actualmente por la Empresa Metropolitana de Aseo S.A E.S.P (EMAS S.A E.S.P), se gestiona todo el servicio relacionado con la disposición final de los residuos sólidos generados en el municipio de Pasto y de al menos otros 24 municipios del departamento de Nariño, adicionalmente también se presta el servicio de tratamiento de residuos especiales a 37 municipios del departamento.

El RSA opera desde abril del año 2001, tiene un área aproximada de 100 hectáreas, cuenta con tres vasos para la disposición final de los residuos; el primero de ellos inicio operaciones en 2001 y término su vida útil el 24 de octubre del año 2004.

Debido a factores de índole económica en EMAS S.A. E.S.P., problemas ocasionados por deslizamientos, inestabilidad del terreno, alta permeabilidad en la zona del vaso II y revisión de diseños de las unidades de tratamiento de lixiviados (piscinas de lixiviación, planta físico-química para la construcción de la segunda planta), EMAS S.A. E.S.P. como medida de contingencia presentó ante CORPONARIÑO, la Secretaria de Gestión y Saneamiento Ambiental y la Procuraduría Agraria, una propuesta para la ampliación de la vida útil del vaso I, la cual fue aprobada (zona anexa al vaso I, denominada etapa 1 y 2, utilizada desde el mes de Septiembre de 2004 hasta Abril de 2005), posteriormente este vaso fue transformado en un parque ambiental. Mientras estuvo en operación, el Vaso I con un área de 3.5 hectáreas recibió alrededor de xx (hasta el año 2011 fueron 30821) toneladas de residuos.



Universidad de Nariño



En la actualidad el Vaso II es el que se encuentra en operación desde al año 2009 con una capacidad de almacenamiento de 1.632.547 m³, la vida útil de este vaso es de 16 años. También se tiene proyectado para el Vaso III una capacidad de almacenamiento de 1.235.024 m³ con una vida útil de 12 años, con lo que se estima una operación continua de RSA hasta el año 2037.

3.1.3.1. Descripción de las actividades de Disposición final de Residuos en el RSA

- Método de disposición final:

El método utilizado es de área; consiste en descargar los residuos sólidos sobre una superficie previamente acondicionada, esparcirlos, compactarlos hasta alcanzar una altura de la celda predeterminada y cubrirlos con una capa plástica.

- Área de disposición de residuos:

El lote presenta una depresión natural, con pendiente promedio de 8%, se utiliza esta zona para proyectar el primer nivel del relleno con un área de 7.856 m², la cual conforma la base del relleno.

Celda unitaria: El relleno sanitario se conforma con celdas con una altura de 5 m, mostrado en la Tabla 5.

Peso de los residuos dispuestos en un día	215 tn (según cálculos)
Densidad de residuos compactados	0.8-1.0 tn/m ³
Volumen de celda diaria	263 m ³
Franja de trabajo	10.00 m
Largo de la celda	5.30 m

Tabla.5. Datos del RSA

3.1.3.2. Descripción del Equipo Disponible

Para la operación del relleno sanitario se utilizan dos buldózer Caterpillar D6, uno realiza la compactación de los residuos y la conformación de las celdas y el otro permanece stand-by, es un equipo alquilado. Las labores de movimiento de tierra para cobertura son contratadas por volumen, de acuerdo a precios unitarios establecidos.

3.1.3.3. Tratamiento de lixiviados

La planta de tratamiento de líquidos lixiviados (procesos de remoción) del RSA, está compuesta inicialmente por un proceso aerobio (laguna aerobia), un proceso anaerobio (laguna anaerobia), un proceso



fisicoquímico (floculación-cloración), desinfección con cloro, aspersión y se induce al paso tortuoso del líquido tratado por unos canales de infiltración, además teniendo en cuenta la varianza en el porcentaje de eliminación de diferentes parámetros.

Se construyó un vertedero aforador para asegurar un caudal constante y una piscina de excesos para que el posible flujo proveniente de la percolación de agua lluvia no desestabilizara los procesos biológicos de la micro-fauna.

Con estos procesos se está alcanzando la normatividad colombiana Decreto 1594/84 sobre vertidos.

3.1.3.4. Datos históricos

Según el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), a continuación se presentan algunos datos estadísticos sobre el servicio de recolección de residuos que fueron tratados en el RSA correspondiente al municipio de Pasto para el periodo 1999-2002.

Sector de producción	Año 1999		Año 2000		Año 2001		Año 2002*	
	tn	%	tn	%	tn	%	tn	%
Barrido de calles	2.565	3,66	2.890	3,95	3.480	4,75	3.320	4,55
Residencial	61.663	88,02	63.149	86,24	63.730	86,96	62.874	86,12
Comercial	4.050	5,78	4.776	6,52	4.128	5,63	4.164	5,70
Particular	551	0,79	978	1,34	173	0,24	428	0,59
Recogido por Aproborca	600	0,86	715	0,98	1065	1,45	1230	1,68
Reciclaje	630	0,90	714	0,98	709	0,97	988	1,35
Total	70.059	100	73.222	100	73.285	100	73.004	100

Tabla.6. Producción de residuos sólidos en Pasto 1.999-2.002

Fuente: EMAS S.A. E.S.P. 2.002 [1]

3.2. Marco de Referencia

3.2.1. Contribución a la Política Pública

Cabe apuntar que dentro de los planes de desarrollo del departamento de Nariño, las estrategias de diseño e implementación de tecnologías existentes participan y apoyan la Formulación del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación en el programa 1 del Eje Estratégico Nariño Productivo Y Competitivo.

“Se promoverá el avance y consolidación de proyectos de investigación interinstitucional orientado a desarrollar las potencialidades endógenas de cada una de las subregiones del Departamento. También se promoverá la construcción y adecuación de infraestructura para el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación en el departamento de Nariño” [2].



Universidad de Nariño



Dentro de este marco los subprogramas de apoyo en esta sección promueven la construcción y adecuación de infraestructura para el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación, además de la investigación aplicada y pertinente para el desarrollo productivo y necesidades del Departamento.

En Nariño los proyectos apoyados a la gestión energética son estructurados en el apoyo del desarrollo productivo inmerso en los subprogramas de minería sostenible y producción energética; como objetivo específico se encuentra *“Promover la ampliación de cobertura y gestión de proyectos estratégicos energéticos del departamento”* [2].

En los planes de desarrollo de gestión integral de residuos sólidos en el municipio de Pasto, especifica dentro de su marco legal la oportunidad de generar alternativas tecnológicas de aprovechamiento de los residuos sólidos, así como la evolución de alternativas de solución expedidas por el Gobierno nacional, *“Decreto Ley 1713 de agosto del 2.002 y la resolución 1045 de septiembre del 2003, establece la obligatoriedad por parte de los Alcaldes Municipales de evaluar la factibilidad de implementar sistemas de aprovechamiento limpio de los residuos sólidos, mediante la formulación y ejecución del Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos”* [3].

“El marco de desarrollo orientado para el Municipio de Pasto en concordancia con el POT, requiere la implementación de alternativas disponibles y asequibles, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología para la recolección, tratamiento, aprovechamiento o disposición final de residuos sólidos y desechos” [2].

En la descripción de metas de producto se encuentra la gestión de proyectos de energías alternativas, así como la gestión de proyectos para el aprovechamiento del potencial energético de los recursos naturales.

En el contexto del desarrollo institucional del Eje Estratégico Nariño Gobernable la exploración de fuentes alternativas a través de la modernización, la transparencia se desea que logre un desarrollo institucional. Es por esto que se especifica lo siguiente:

“No cabe duda que la inversión en el mejoramiento de las condiciones de vida de las y los nariñenses y en gran medida, la eficiencia en los procesos administrativos del gobierno dependen, en gran parte, de los ingresos que el Departamento obtenga, por eso se aplicarán estrategias efectivas para mejorar la situación fiscal. Se buscarán otras fuentes de ingresos, explorando para ello alternativas como las que ofrece el sector energético” [2].

3.2.2. Antecedentes

3.1.2.1. Nacional

- **Planta desgasificadora del Relleno Sanitario El carrasco en Bucaramanga**

Datos consignados del proyecto realizado [4]:

- Nombre del proyecto ejecutado: Proyecto de Desgasificación en el Relleno Sanitario El Carrasco
- Descripción breve del proyecto: Captura y combustión de biogás en el relleno sanitario El carrasco de Bucaramanga. Año de clausura: 2009. Disposición de residuos: 700 ton/d. Área de disposición: 9ha
- Potencial estimado de reducción de emisiones durante el periodo de acreditación: 612.300 Ton CO_2e
- Reducción estimado de emisiones de CO_2 anual: 61.230
- Fecha de aprobación: 09/07/2009

La empresa EMAB en Bucaramanga realizó la instalación de una planta de desgasificación con sistema para evacuación y quema de gas metano (CH_4), producto de la descomposición de los residuos sólidos mostrada en la figura 10. La construcción de esta obra fue iniciada a partir del 2010 junto con la empresa BIONERSIS con el fin de evitar que en promedio 33.000 toneladas de CO_2 contaminen el ambiente del área de Bucaramanga [5].

El proyecto desde los comienzos del mes de julio de 2010 debería permitir generar reducciones de gas de efecto invernadero superiores a 650.000 toneladas de equivalente CO_2 en los últimos diez años [6].



Fig.10. Planta desgasificadora en el relleno sanitario El carrasco

Fuente: Adaptado de [7]

En la actualidad Según el Gerente de la EMAB, en la planta se queman anualmente cerca de 33 mil toneladas de gases tóxicos como el metano y el CO_2 a una temperatura de más de 800 °C . No obstante el proceso de descontaminado no es el idóneo.

Como medida de contingencia la EMAB está encendiendo los cabezotes de las chimeneas instalados en cada celda de El Carrasco. Sin embargo, precisó que en este proceso lo que se hace es lanzar al ambiente este gas sin un proceso de descontaminado [8].

- **Relleno sanitario curva de rodas y la pradera en Medellín**

Datos consignados del proyecto realizado [9]:

- Nombre del proyecto ejecutado: Manejo de Gas en los Rellenos Sanitarios Curva de Rodas y la Pradera
- Descripción breve del proyecto: Captura y combustión de biogás en los rellenos sanitarios Curva de Rodas y La Pradera del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (Curva de Rodas - La Pradera). Año de clausura: 2003 - 2027. Disposición de residuos: clausurado - 2,100 *ton/d*.
- Potencial estimado de reducción de emisiones durante el periodo de acreditación: 1.123.057 *Ton CO₂e*
- Reducción estimado de emisiones de *CO₂* anual: 160.437
- Fecha de aprobación: 29/04/2008

En la ciudad de Medellín en el relleno sanitario de rodas la planta desgasificadora instalada hace parte de un diseño para captar gases que se producen por la descomposición anaerobia de los residuos, son extraídos por medio de pozos cavados en la masa de residuos y conducidos por una red de tubería con la ayuda de compresores a un quemador. En la Figura 11 se muestra la planta desgasificadora de la curva de rodas en Medellín [10].



Fig.11. Sistema de captura y combustión de biogás en el relleno sanitario Curva de Rodas

Fuente: Adaptado de [10]

El sistema de combustión el biogás tiene un tiempo de retención de 0,3 segundos a una temperatura superior a 975 °C, lo que garantiza la destrucción del metano en un 99.9 %, y por lo tanto, una eficiente reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La capacidad de combustión de biogás es de 3000 Nm³ /hora [10].

Se estima que el proyecto permitirá en su primera fase (a 2014) obtener 1,3 millones de toneladas de gases y en la segunda (a 2027) obtener 2,8 millones de toneladas. El costo inicial del proyecto asciende a seis millones de dólares [11].

3.1.2.2. Latinoamérica

- **Relleno sanitario las rosas en el Departamentito de Maldonado, Uruguay**

Datos consignados del proyecto realizado [12]:

- Nombre del proyecto: Proyecto Demostrativo de Captación de Biogás y Generación de Energía Eléctrica en el Relleno Sanitario de las Rosas.
- Año de inicio de la operación: 1997
- Año de cierre proyectado: 2011

La planta cuenta con capacidad de procesamiento de 1000 Nm³/h y dos motogeneradores de 500 KW cada uno, así como los sistemas de monitoreo y control que permiten la exportación de la energía a la red pública [13]. En la figura 12 muestra la plata de desgasificación y generación de energía eléctrica



Fig.12. Planta de desgasificación y generación de energía eléctrica de las Rosas

Fuente: Adaptado de [13]

- Elementos de la central de desgasificación

La figura 13 muestra la central de desgasificación.

- Manifold el cual recibe los colectores principales.
- Válvulas automáticas en la llegada de cada colector principal (modulan el caudal en función de los contenidos de metano y oxígeno del biogás).
- Enfriador de biogás con purga de condensado.
- Válvula que mantiene constante la depresión en el manifold
- Caudalímetros de placa orificio para el caudal total y el caudal enviado a los motores.
- Contiene dos bombas centrifugadas de 500 Nm^3/h de capacidad cada una, una en operación y la otra en espera.
- Contiene filtros corta llamas, medidores de temperatura, presión, etc.



Fig.13. Central de desgasificación del Relleno Sanitario las Rosas

Fuente: Adaptado de [13]

- Elementos de la sala de control [13]

- Analizador de metano (tipo infrarrojo)
- Analizador de oxígeno (tipo paramagnético)
- Transductores de presión

- PLC de desgasificación
- Sistema Scada
- Equipamiento auxiliar
- Datos técnicos de la utilización del biogás

Respecto a la generación la planta posee dos generadores de 0,5 MW de capacidad cada uno, sincrónicos de 380 V, estos se encuentran energizados por motores de 4 tiempos; respecto a la antorcha este posee 500 Nm³ /h de capacidad, tipo cerrada, esta solo funciona cuando la generación esta fuera de la operación, además posee tiene instalado un transformador de 0.38 KV / 6.3 KV, la conexión a la red 6.3 KV que une san Carlos y Maldonado [13].

La tabla 7 muestra los resultados del modelo con ampliación del sistema de captación de biogás

AÑO	Tons/año	Tons acum	producción Biogás (Nm ³ /hr)	Eficiencia de extracción (%)	Extracción de Biogás (Nm ³ /hr)
1997	11.699	11699			
1998	50.312	62.011	33		
1999	55.182	117.193	166		
2000	52.869	170.062	281		
2001	54.592	224.654	363		
2002	45.866	270.520	430		
2003	42.100	312.620	459		
2004	49.162	361.782	470		
2005	54.029	415.811	499	70	350
2006	57.603	473.414	536	70	375
2007	57.603	531.017	574	70	402
2008	57.603	588.620	605	70	423
2009	57.603	646.223	628	70	440
2010	57.603	703.826	647	70	453
2011	57.603	761.429	662	70	463

Tabla.7. Modelo con ampliación del sistema de captación de biogás

Fuente: Adaptado de [13]

- Aspectos económicos

La tabla 8 muestra los valores de venta de la energía con amortización y sin amortización del 2005 al 2007.



Universidad de Nariño



Aspecto	2005	2006	2007	Promedio
Energía vendida (<i>MWh</i>)	2,61	1,45	1,234	1,765
Costo energía sin amortización (<i>U\$S/MWh</i>)	45	81	96	74
Costo energía con amortización (<i>U\$S/MWh</i>)	83	150	176	136
Precio pagado por UTE promedio (<i>U\$S/MWh</i>)	26	28	31	28

Tabla.8. Aspectos económicos

Fuente: Adaptado de [13]

Se estipula que la vida útil estimada de los equipos es de 20 años [14].

➤ **Complejo Ambiental Norte III (Central BuenAyre), Provincia de Buenos Aires, Argentina**

Datos consignados del proyecto realizado [15]:

- Nombre del proyecto ejecutado: Generación de Energía Eléctrica a partir de la utilización del Biogás de Relleno Sanitario
- Fecha de aprobación: 2010.
- Periodo del proyecto: 14 años

El complejo Ambiental Norte III se encuentra ubicado sobre el Camino del Buen Ayre mostrada en la figura 14. Recibe los residuos sólidos urbanos de la Ciudad de Buenos Aires y de sus localidades cercanas [16]. La empresa CEAMSE está encargada del tratamiento integral inspección y el control del servicio de higiene en todos sus complejos ambientales de la zona [17]. En anexo se encuentra el diagrama de flujo de la planta.



Universidad de Nariño





Fig.14. Planta de Reciclados Norte III

Fuente: Adaptado de [18]

- Succión e impulsión del Biogás

Consta de 3 sopladores de 250 *HP* cada una donde su capacidad unitaria es de 6500 Nm^3/h , son sopladores centrífugos multietapa.

- Generación de Energía Eléctrica

El biogás capturado alimenta seis motogeneradores para formar en total una potencia eléctrica de 11,796 *MWe* a un potencia efectiva de 10*MW* [15]. Las características del motogenerador se muestran en la tabla 9.

Motogenerador	
Marca	<i>CATERPILLAR</i>
Modelo	<i>G3520 C DM 8647</i>
Potencia instalada	1,866 <i>MWe</i>
Fases	3
Frecuencia	50 <i>Hz</i>
Velocidad	1500 <i>rpm</i>
Consumo biogás	841 Nm^3/h
Generación en baja tensión	400 <i>V</i>
Generación en alta tensión	13,2 <i>kV</i>

Tabla.9.Características técnicas del motogenerador

Fuente: Adaptado de [15]

- Datos relevantes

La tabla 10 muestra los datos relevantes de la central de la planta del complejo ambiental norte III

Datos relevantes de la central	
Proveedores	Caterpillar, John Zink, Edenor
Inversión	136.352.000
Caudal Max de biogás a capturar	13,1 Nm ³ /h
Pozos de extracción	273
Potencia instalada	11,796 (6 CAT G3520C X 1.966 MW
Disponibilidad anual motores	85%
Energía contratada hasta	1.211.070 MWh
Tarifa (dólar)	124 U\$D/MWh
Energía que abastecerá a	15.000 habitantes
Ahorro equivalente a	22.000.000 m ³ de gas natural

Tabla.10. Datos relevantes de la instalación y generación de energía eléctrica

Fuente: Adaptado de [15]

3.1.2.3. Internacional

➤ Planta de captación y valorización de biogás del vertedero de Valdemingómez en Madrid, España

Datos consignados del proyecto realizado [19]:

- Nombre del proyecto ejecutado: Desgasificación con recuperación energética, sellado control y mantenimiento del vertedero de Valdemingómez.
- Fecha de aprobación: 2003.

En medio del vertedero de Valdemingómez se encuentra El Centro La Galiana en funcionamiento desde el año de 2003. El sistema de extracción de gas comprende 280 pozos de captación conectados a 10 estaciones de regulación y medida de estas. En la figura 15 muestra la planta de valorización energética en el ayuntamiento [19].



Universidad de Nariño





Fig.15. Planta desgasificadora y de energía eléctrica en el centro la Galiana

Fuente: Adaptado de [20]

El vertedero tiene aproximadamente un 50% de metano, un hidrocarburo que le suministra energía térmica de 4500 kcal/Nm^3 , utiliza como principio la cogeneración. La planta dispone de una potencia instalada de $18,9 \text{ MW}$ [19].

Para la generación eléctrica cada uno de los 8 motogeneradores tiene un motor de gas de cuatro tiempos ciclo *OTTO* turboalimentado, posee un eje que a su vez se encuentra acoplado a un alternador síncrono, trifásico y autorregulado de media tensión, la temperatura de los gases de escape es aproximadamente 450°

Ficha técnica

- Caracterización de la Extracción de biogás [19]
 - 433 millones de Nm^3 durante los primeros 15 años
 - 280 pozos de captación de biogás y 5.600 ml perforados
 - 42.500 ml tuberías de PEAD para pozos y tuberías de conducción
 - 10 estaciones de regulación y medida y 2 centrales de extracción secundaria
 - 140 líneas de entrada de biogás a estaciones equipadas con analizadores de gases

- Más de 10.000 *ml.* tubería de protección de líneas y 7.500 *ml.* de fibra óptica
- Soplates de aspiración de 55 *kW c. μ* y 2.500 *Nm3/h* por unidad
- Antorchas de 2.500 *Nm3/h* por unidad
- Caracterización de la planta de valorización energética [21]
 - 18,9 *MW* de potencia total instalada
 - 2 torres de desulfuración más una torre de lavado
 - 2 Gasómetros de membrana de 1.000 *Nm3* cada uno
 - 3 moto soplates de 57,2 *kW* y 4.400 *Nm3/h* cada una
 - 8 motogeneradores de 2.124 *kW* de potencia unitaria
 - Una caldera pirotubular de 12.800 *kg/h* de producción de vapor
 - Un grupo turbogenerador de 1.960 *kW*
 - 1 transformador de potencia y distribución de 23.000 *KVA* y 45 *KV* de tensión de salida
 - Transformadores de servicio de 1.250 *KVA* y 0,4 *KV* de tensión de salida
- **Balance económico en el año 2011**

La cantidad liquidada en 2011 por el Ayuntamiento fue de 1.387.149,33 € [18].

➤ **Planta de desgasificación del vertedero en Montalbán de la provincia de Córdoba, España**

Datos consignados del proyecto realizado [20]:

- Nombre del proyecto ejecutado: Planta de Desgasificación de Aprovechamiento Energético del Biogás del Vertedero en Montalbán de la Provincia de Córdoba
- Fecha de aprobación: 06 / 2008

La empresa provincial de residuos y medio ambiente, S.A EPREMASA encarga del aprovechamiento energético del gas del vertedero de Montalbán se lleva a cabo mediante la instalación de dos grupos motogeneradores de las siguientes características [21]:

- Potencia del Motor 2.612 *kW*
- Potencia de los generadores 2.546 *kW*
- Consumo de Biogás 1.420 *Nm3/h*
- Poder calorífico inferior (PCI) 4.100 *kcal/Nm3*
- Funcionamiento diario 24 horas /día



Universidad de Nariño



- Disponibilidad 7.800 horas /año
- Producción eléctrica anual 11.076 MWh/año

El consumo de gas estimado anual equivale a una media de 3.229 tep/año y la producción eléctrica vertida a la red pública, deducidos los consumos propios de la instalación, se estiman en 10.700 MWh/año, producción equivalente al consumo de 2.950 hogares en un año. La figura 16 muestra la vista general de la planta [21].



Fig.16. Instalaciones del vertedero en Montalbán

Fuente: Adaptado de [21]

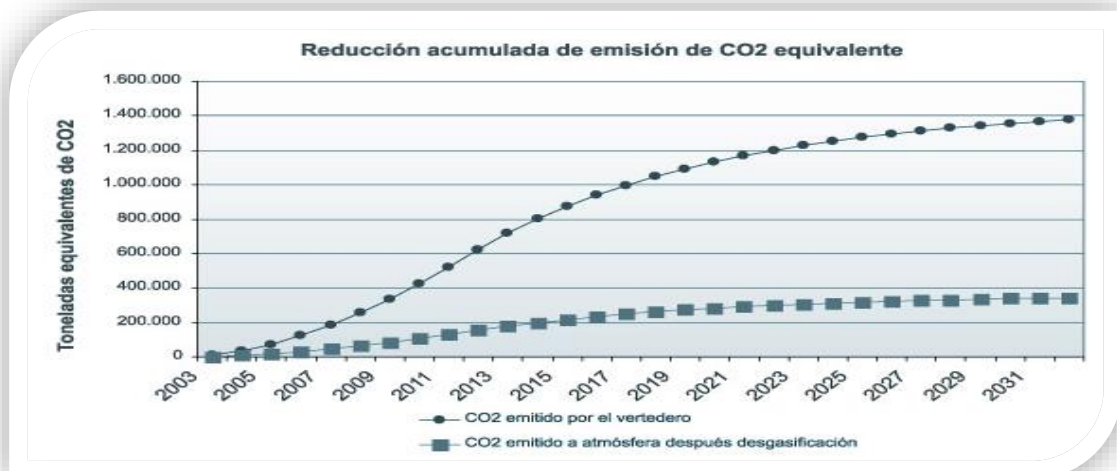


Fig.17. Reducción acumulada de emisión de CO_2

Fuente: Adaptado de [21]

En la figura 17 se observa una reducción de 1005000 toneladas equivalentes de CO_2 después de la desgasificación, por tanto contribuye al cumplimiento del protocolo de *Kyoto*.

3.2.3. Estado del Arte

➤ *Introducción.*

Los rellenos sanitarios son una fuente por excelencia de biogás, este documento pretende detallar los principales conceptos básicos del biogás producido por medio este tipo de digestores de materia orgánica, destacando los aspectos más relevantes del biogás y su relación con la generación de energía eléctrica.

¿Qué es?

El biogás de los rellenos sanitarios es el producido por las reacciones de biodegradación anaeróbica de los desechos orgánicos en un proceso microbiológico de fermentación de dicha materia en condiciones de ausencia de oxígeno donde interviene básicamente microorganismos y otros factores, técnicamente este proceso se conoce como biometanización [22].

El proceso de biometanización puede explicarse en las siguientes cuatro etapas del metabolismo bacteriano mostrado en la figura 18 [27]:

1. Hidrolisis: Transforma los biopolímeros complejos en moléculas más sencillas.
2. Acidogénesis: Las bacterias hidrolíticas son convertidas en ácidos orgánicos, alcoholes y otros gases.
3. Acetogénesis: Los productos de la anterior etapa se convierten en acetato a través de la deshidrogenación acetogénica.
4. Metanogénicas: El acetato producido hasta este punto se transforma en gas metano a partir de los gases de hidrogeno y dióxido de carbono.

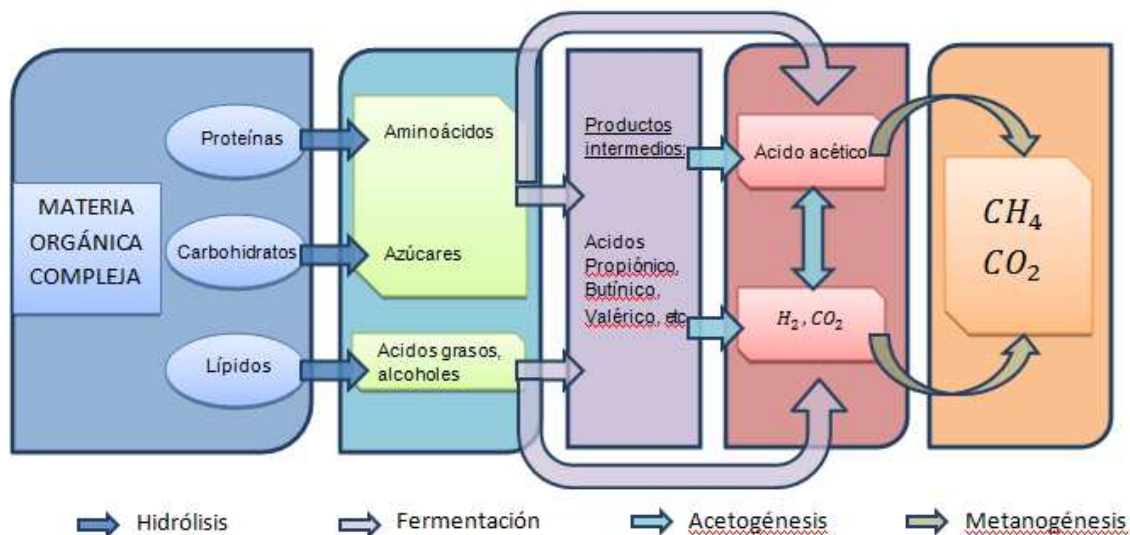


Fig.18. Proceso de biometanización para obtener biogás. Tomado de [22].

Los principales parámetros que influyen en la biometanización son [22]:

- Temperatura: La temperatura en que el proceso se desarrolla esta alrededor de los 35°C dado que en este valor algunas bacterias que intervienen en el proceso como las hidrolíticas, acetogénicas y metanogénicas potencializan su actividad.
- pH: este factor influye directamente sobre las bacterias metanogénicas ya que estas son muy sensibles a la variación de este parámetro, un valor óptimo del pH dentro del proceso estaría entre 7.0-7.2.
- Compuestos presentes en el medio: las bacterias más relevantes para producir metano son sensibles a la presencia de determinados compuestos en alta concentración como metales pesados, fenoles, amonio, ácidos volátiles entre otros.

Existen otros parámetros secundarios propios de los digestores de la materia orgánica que influyen en la producción del biogás como lo son: velocidad de carga orgánica, tiempo de retención de sólidos, contenido de materia orgánica en el vertido y caudal de metano.

- **Composición.**

El producto obtenido de la biometanización en los rellenos sanitarios es un gas combustible denominado biogás compuesto aproximadamente por un 60% de metano (CH_4), 35% de bióxido de carbono (CO_2), 4% de vapor de agua y un estimado máximo de 1% de ácido sulfhídrico (SH_2). Otros estudios realizados sobre la composición del biogás revelan que este puede contener hasta 577 compuestos necesarios para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos donde se incluye hidrocarburos halogenados, alcanos superiores e hidrocarburos aromáticos [23]. (También se obtiene otra sustancia que sirve como abono)

Características más relevantes.

- En condiciones de laboratorio una tonelada de residuos sólidos con un contenido orgánico del 45%, puede producir entre 150 a 250 m³ de biogás.
- El biogás de relleno sanitario posee un valor calórico de unos 5500 kcal/m³ [24]
- La densidad del biogás es de aproximadamente 1.22gr/lit siendo más ligero que el aire [25].
- La temperatura de inflamación del biogás es de alrededor de 700°C que comparada con otros combustibles como el diésel (350°C), la gasolina y el propano (500°C), es mucho más inflamable [26].
- La temperatura de la llama del biogás puede alcanzar unos 800°C [26].
- La producción media de electricidad de 1 m³ de biogás es de 2.07kW/h [22].

• **Obtención.**

En los rellenos sanitarios se puede extraer el biogás generado por la descomposición natural de los desechos orgánicos principalmente por dos técnicas las cuales se describen a continuación.

- Pozos Verticales:

Para rellenos sanitarios de al menos diez metros de profundidad, se aplica este método que consiste en una perforación vertical del relleno para captar el gas por medio de una especie de pozo o tubería cilíndrica perforada en los primeros metros por donde el biogás se filtrara y se canaliza hacia la superficie para ser colectado mostrando en la figura 19, por lo general su construcción se realiza durante la operación del mismo relleno, siendo este caso más sencillo de ejecutar al evitar residuos ya enterrados que generan olores fuertes y condiciones de higiene complicadas de trabajo, otra ventaja de construir el conducto vertical en conjunto con el relleno es la de poder apoyar la base de este sobre los drenes de lixiviado [28], mejorando la eficiencia de evacuación del biogás por efectos de gravedad, reduciendo la probabilidad de necesitar bombeo.

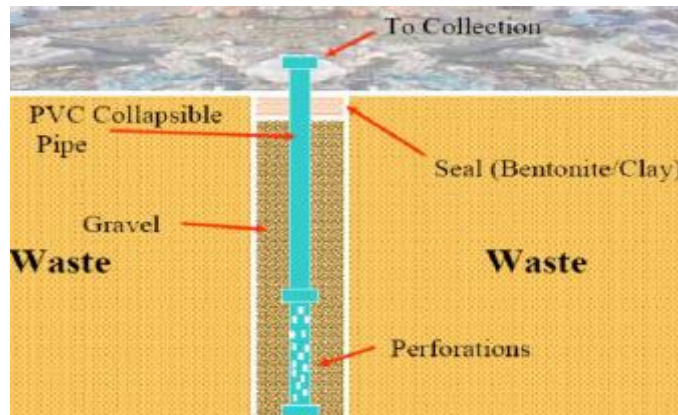


Fig.19. Pozo Vertical para extracción de biogás en el relleno sanitario

- Pozos Horizontales:

Se usan en rellenos de poca profundidad, como se puede ver en la figura 20, el principio que rige este método es el de ubicar un tubo cilíndrico perforado en forma horizontal sobre la base del relleno sanitario de tal forma que por efectos de la gravedad, el biogás sea impulsado por los conductos tubulares de colección dispuestos a los extremos del tubo perforado. La construcción de los pozos horizontales necesariamente se debe realizar antes de iniciar la operación del relleno sanitario.

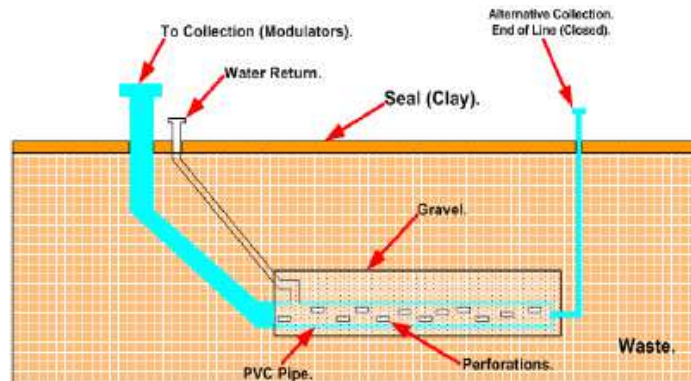


Fig.20. Pozo Horizontal para extracción de biogás en el relleno sanitario.

Para los dos casos mencionados, la distancia de separación entre cada pozo depende de diversos factores, entre ellos se destacan: presión de succión, volumen del biogás, densidad y permeabilidad del residuo, saturación y presencia de líquidos; los cuales son muy difícil de calcular, por lo que muchas veces es práctico usar la regla que sugiere que el radio debe ser de 1 a 1.5 veces la profundidad del relleno.

- **Filtrado.**

El biogás generado en los rellenos sanitarios posee ciertas cantidades de componentes que afectan su potencial, usualmente se han detectado compuestos aromáticos como el benceno, así como hidrocarburos clorados como por ejemplo el cloroetano, estos son compuestos no deseados en el biogás porque pueden ocasionar problemas de salud pública, malos olores y podrían deteriorar la planta de utilización del biogás. Por tal razón es importante el depurado del biogás; en su estado más puro se puede explotar de manera óptima las características del gas para la generación de energía eléctrica, aprovechando al máximo la vida útil de toda la tecnología dispuesta para tal fin.

Según la literatura respecto al tema, el uso del biogás depende del nivel de purificación, pero entre más puro sea el biogás, la calidad y cantidad del metano en la mezcla se aproxima al gas natural haciendo que el biogás tenga las mismas aplicaciones de este; en este sentido las principales técnicas de tratamiento del biogás para su purificación son [22]:

- Eliminación de Partículas: Consiste en usar técnicas de procesos físicos simples como trampas de agua y rejillas metálicas con el fin de eliminar impurezas como agua contaminada y partículas de densidades mayores.
- Deshidratación por Condensadores: Por medio de la condensación una cantidad considerable de vapor de agua presente en el biogás se elimina, este proceso puede ser realizado con productos químicos como el glicol, etileno o trietileno.
- Eliminación del Ácido Sulfúrico ver figura 21: Para eliminar el carácter corrosivo de este ácido, es necesario retirarlo del biogás por medio de métodos oxidantes convirtiendo al ácido en azufre elemental en estado sólido.
- Concentración del biogás mediante la eliminación del bióxido de carbono ver figura 21: Para retirar el dióxido de carbono de gas obtenido del relleno, suele utilizarse técnicas basadas en soluciones acuosas, filtros moleculares, filtros de membrana, adición de yeso o hidróxido de calcio entre otros.

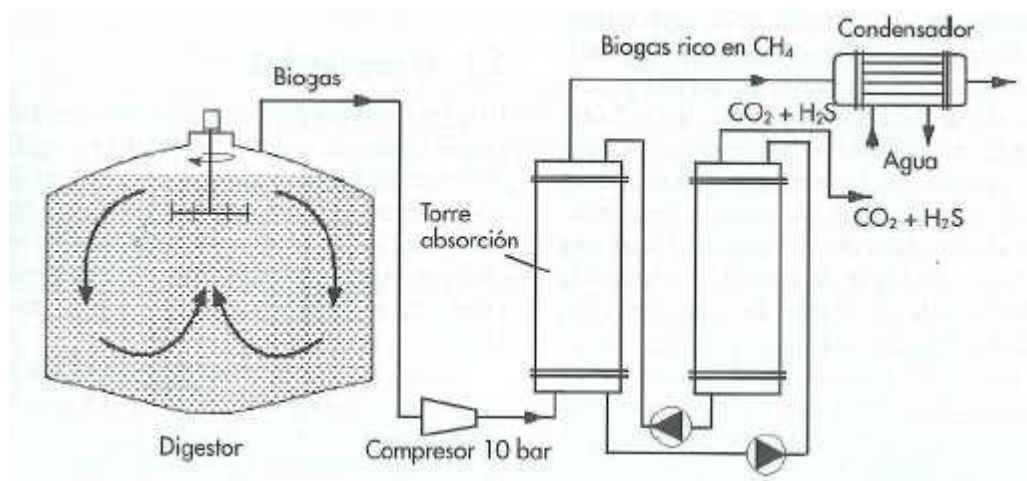


Fig.21. Eliminación de CO₂ y SH₂ del biogás del relleno sanitario. Adaptado de [22].

- **Equipos para generar energía con biogás.**

Para transformar el biogás procesado desde el relleno sanitario, en energía eléctrica, existe una variedad de posibilidades, a continuación se destacan las más prácticas en relación costo beneficio.

- Motores de Combustión Interna: Son motores típicos de gasolina o diésel modificados principalmente en el sistema de alimentación de combustible para funcionar con biogás, estos cambios requieren tecnología básica y económica.
- Motores Stirling: Es un motor de combustión externa que en principio funciona con cualquier tipo de combustible, consta de dos pistones por cilindro uno para potencia y el otro para desplazar el aire.

- Turbinas de Gas: Es un completo montaje de calderas donde el biogás es quemado para calentar agua y generar vapor, el cual moverá unas turbinas para generar energía eléctrica tal como se observa en la figura 22. Un ejemplo práctico lo encontramos en Bouqueval/Plessis-Gassot ubicado al norte de Francia donde se producen unos 10MW /h.

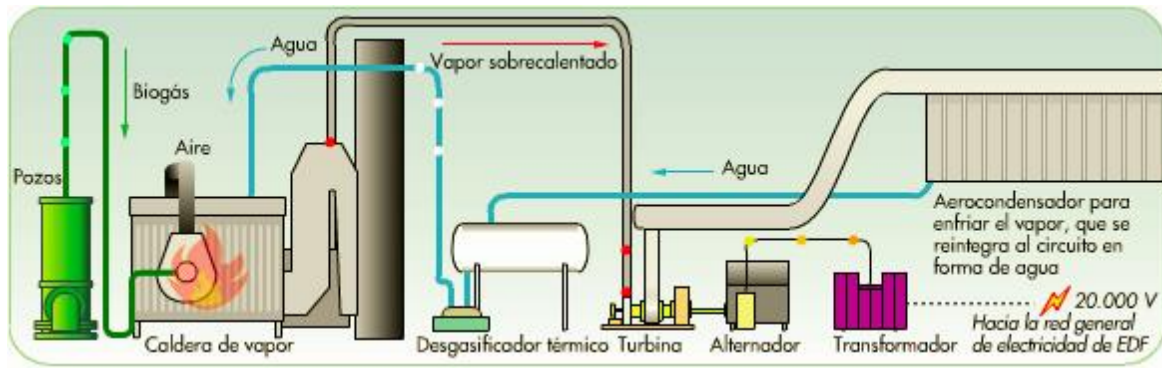


Fig.22. Turbinas de biogás para generar energía eléctrica.

- Microturbinas: Son una alternativa para los rellenos de poca cantidad y calidad de biogás por su baja concentración de metano; consisten en elementos modulares con capacidades de 30 a 200 kW que se pueden configurar en serie. Su funcionamiento requiere un bajo poder calorífico lo que se traduce en una concentración mínima de metano, inferior al 40%.
- **Usos más comunes.**

El biogás de los rellenos sanitarios es aprovechable en tres áreas a saber:

 - Obtención de calor y electricidad.
 - En redes de gas.
 - Como combustible para vehículos.
- Caracterización física y química de los residuos

Esta caracterización permite observar el potencial de reutilización, reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos generados, teniendo como factor de mayor importancia la producción de materia orgánica y contemplando las bondades en la generación de plásticos, cartón y papel que facilitarían los procesos concernientes al manejo integral de los residuos en el Municipio.

- Actividades relacionadas con biogás

El Proyecto llevado a cabo por Bionersis S.A. E.S.P. se basó en la captación del Biogás, generado por la descomposición de los residuos depositados en los vasos I y II del “Relleno Sanitario Antanas”, a través de la instalación de una serie de pozos verticales, en el interior de la masa de residuos, los cuales se interconectan mediante una serie de tuberías que conforman, una red o sistema cerrado de extracción y conducción por el cual el Biogás colectado es aspirado y conducido hacia una Planta de Quema Controlada, provista de un supresor o bomba que provoca, una vez puesto el sistema en marcha, un vacío de presión (bajo los 100 mBar), generándose la extracción forzada por medio de la red de tuberías del sistema.

Los pozos se construyeron sobre las zonas o áreas de recepción de residuos clausuradas con material de cobertura final ya aplicado, haciendo la adecuación de los pozos de extracción pasiva existentes en el sitio, la red constituye un sistema cerrado de conducción y está compuesta por una serie de tuberías de HDPE ranuradas para que penetre el Biogás, que conectan los pozos de extracción entre sí, y conducen el Biogás hacia la Planta de Quema Controlada, en una condición de depresión constante (vacío al interior de la red). Esta red incluye las cabeceras de pozos que los conectan a las antenas de conexión, ramales secundarios, colector principal y dispositivos como válvulas y otros dispositivos que permiten mantener el sistema sellado para evitar las fugas, controlar el flujo de Biogás, realizar toma de muestras y servir de trampa de posibles líquidos condensados.

Las conexiones entre las antenas, los ramales secundarios de conducción y el colector principal vienen con dobles empaquetaduras y válvulas mariposas, a fin de poder a la vez controlar el flujo de Biogás y evitar las fugas en este punto de conexión, el cual es muy sensible.



Universidad de Nariño



3.3. Problema Central, Causas y Efectos

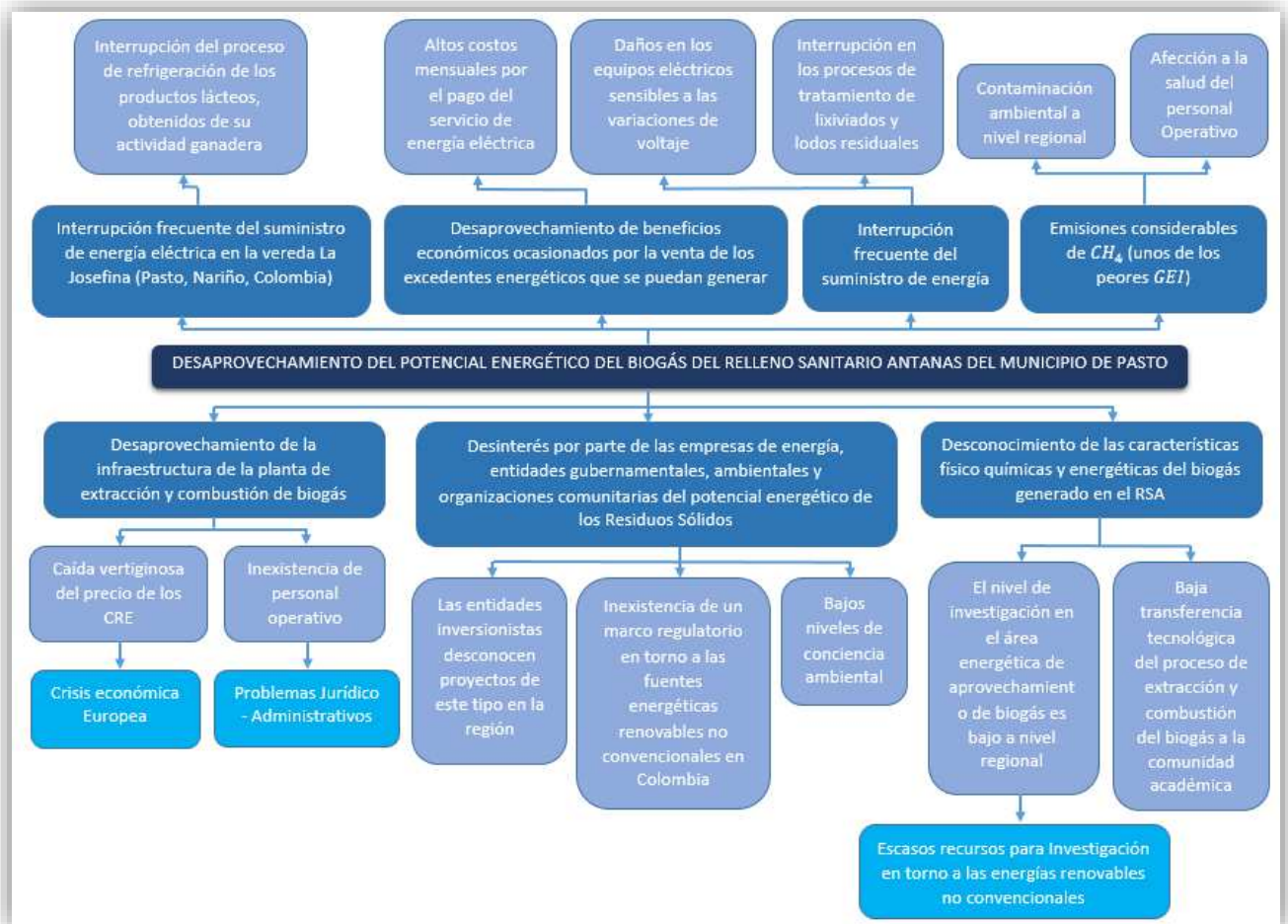


Fig.23. Árbol de problemas, causas y efectos

4. FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA

4.1. Nombre de la alternativa

Desarrollo de investigación detallada conducente a formular un proyecto en fase II y III, que permita evaluar y justificar la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica aprovechando el Biogás del relleno sanitario del municipio de Pasto.

4.2. Resumen de la Alternativa

La implementación de un sistema de generación de energía eléctrica aprovechando el biogás de relleno sanitario, es una alternativa que ya en Colombia se ha implementado como es el caso del relleno sanitario Doña Juana en la ciudad de Bogotá.

Este sistema de generación de energía renovable no convencional para el caso del municipio de Pasto se piensa en el Relleno Sanitario Antanas (RSA), pues, el terreno donde se hace la disposición y tratamiento de los residuos sólidos de Pasto y de otros municipios aledaños, la operación del RSA la realiza la empresa EMAS PASTO SA ESP.

El sistema de generación estaría constituido inicialmente por el sistema de extracción y combustión de biogás instalado en el RSA desde 2009 y que operó hasta finales de 2013, esta infraestructura tuvo un periodo de operación además de eficiente, muy corto, lo cual brinda la certeza de que los equipos instalados tiene aún un periodo de vida útil de aproximadamente 20 años bajo condiciones normales de mantenimiento. Aprovechar esta planta, disminuye considerablemente los costos de inversión del proyecto, incidiendo de manera positiva en su viabilidad (la inversión en esta PLANTA DE EXTRACCIÓN Y COMBUSTIÓN costo aproximadamente US 1.000.000).

La capacidad de la planta de extracción y combustión de biogás es para un caudal de biogás de 600 metros cúbicos por hora, que se ajusta a la capacidad estimada de generación, ya que se determinó que el caudal de biogás promedio es de 446 metros cúbicos por hora, a partir del cual se determina la capacidad del generador, no obstante, este flujo aumentará en los años siguientes cuando entre en operación el Vaso II, inclusive se puede presentar un periodo de obtención de gas de manera simultánea en los vasos I y II.

A este sistema, es necesario incorporarle un proceso de limpieza y descontaminación del biogás, ya que, la información secundaria analizada asegurará que el biogás de relleno sanitario tiene un porcentaje importante de siloxanos, el cual, tiende a depositarse en los pistones del generador ocasionando daños graves en el mismo, esta recomendación la efectuaron igualmente ingenieros de las empresas multinacionales que proveen los generadores, de tal manera que se hace indispensable acoplar al sistema de extracción el proceso de lavado y descontaminación.

Una vez el biogás se encuentre libre de los componentes dañinos, se procede a inyectarlo como combustible al generador eléctrico, el cual tiene un motor cuya eficiencia eléctrica es de 36.1%, que es con la cual se realizaron cálculos de estimación de generación de energía.

De acuerdo a las proyecciones de biogás disponible la capacidad del generador seleccionado es de 1000 kW (1,0 MW), el cual, a la altura de Pasto entregaría 800 kW. A partir de esta capacidad de generación, se determinó que las cantidades de energía generadas mensualmente, están muy por encima de la demanda actual y proyectada del relleno sanitario, con lo que se obtendrían excedentes energéticos interesantes que se pueden tranzar en el mercado de energía Mayorista mediante un Contrato de Representación con una empresa Comercializadora de energía de la región, la cual, ha manifestado mediante carta de intención su interés en comprar toda la energía generada durante el horizonte del proyecto, el cual es de 24 años a partir de este año. Este panorama ocasiona un positivo ambiente inversionista y augura un proyecto sostenible, pues, el periodo de recuperación de la inversión es de 6,07 años, ocasionando utilidades mensuales durante el periodo de la deuda de aproximadamente \$35 millones, y de \$9 millones una vez pagada la deuda, lo anterior con un precio



Universidad de Nariño



promedio de venta del kilovatio hora de \$ 133. El formato de contrato a largo plazo a registrarse en el Mercado de Energía Mayorista ante el Administrador XM SA ESP, sería bajo la modalidad PAGUE LO CONTRATADO.

El esquema de negocio propuesto consistiría en una alianza público privada en la que podrían participar: EMAS PASTO SA ESP en su calidad de Operador del RSA, ASC INGENIERIA SA ESP en su calidad de empresa comercializadora de energía eléctrica que actualmente presta el servicio en el RSA, EL MUNICIPIO DE PASTO como propietaria del terreno y entidad territorial directamente beneficiada, la comunidad de la VEREDA LA JOSEFINA como población rural beneficiada con la implementación de un fondo de apoyo para proyectos productivos subsidiado con un porcentaje de las utilidades esperadas por el proyecto, la UNIVERSIDAD DE NARIÑO en su calidad de entidad gestora de conocimiento, formuladora y asesora de proyectos productivos.

4.3. Objetivos

4.3.1. Objetivo General

Evaluar técnica, económica y ambientalmente la implementación de un proyecto de generación de energía eléctrica que aproveche el Biogás como combustible para su funcionamiento, en el relleno sanitario del municipio de Pasto.

4.3.2. Objetivos Específicos

- Estimar la cantidad de biogás recuperable en el relleno mediante análisis de información secundaria, una herramienta informática disponible y la experiencia de profesionales en estudios similares
- Cuantificar el potencial energético del relleno sanitario utilizando el biogás como combustible para poner en funcionamiento un generador
- Justificar la recuperación y puesta en marcha de la planta de extracción de Biogas del relleno sanitario del municipio de Pasto
- Determinar la reducción del potencial de emisiones de gas metano como principal gas de efecto invernadero
- Estimar los elementos necesarios para el proceso de extracción, conducción, limpieza, filtrado y descontaminación de biogás
- Estimar los elementos necesarios para el proceso de generación de energía tales como generador eléctrico, transformador elevador, subestación
- Estimar los costos generales de inversión, Administración, Operación y Mantenimiento del sistema de generación de energía propuesto
- Plantear la creación de un Fondo Comunitario con enfoque productivo para la comunidad de la Vereda la Josefina del Municipio de Pasto
- Analizar la viabilidad técnica y económica del proyecto de generación y su esquema de sostenibilidad

- Proporcionar al municipio de Pasto una herramienta que permita a los potenciales inversionistas o interesados, evaluar la posibilidad de financiar este tipo de proyectos para rellenos sanitarios

4.4. Productos, Actividades y Personal Requerido

Producto	Código de Actividad	Actividad	Personal Requerido
1. Informe documentado con la proyección de biogás del RSA. 1.1 Herramienta informática publicada en la página del PERS-Nariño, que sirve para realizar proyecciones de biogás en rellenos sanitarios de Colombia.	A1.1 A1.2 A1.3	Recopilación de información secundaria sobre composición de biogás. Recopilación de datos estadísticos sobre cantidades de residuos sólidos dispuestos en el RSA. Análisis de las variables necesarias para diligenciar la herramienta informática.	Ing. Ambiental, Ing. Químico, Asistentes de Investigación.
2. Memorias de cálculo de la expresión matemática en la cual se relacionan las variables del potencial calorífico del metano con el flujo de biogás disponible.	A2.1	Identificar la expresión matemática y las variables relevantes para los cálculos.	Ing. Electrico, Ing. Químico.
3. Documento sobre los beneficios ambientales y el aprovechamiento del biogás como combustible para poner en funcionamiento un generador de energía eléctrica. 3.1 Documento con análisis de sostenibilidad y costo – beneficio del proyecto.	A3.1 A3.2 A3.3	Recopilación de datos técnicos e información sobre el funcionamiento de la planta de extracción de gases. Estimación de impactos ambientales, de aprovechamiento del biogás y reducción de emisiones. Estimación de los ingresos obtenidos por la utilización de biogás extraído por la planta.	Ing. Eléctrico, Economista, Ing. Mecánico, Ing. Ambiental, Asistentes de Investigación.



Universidad de Nariño



4. Documento con estimaciones de la reducción de contaminación ambiental por efecto invernadero provocado por el metano. 4.1 Cuadro comparativo de las equivalencias obtenidas por la reducción de emisiones de metano.	A4.1	Análisis de información secundaria sobre cantidades de metano arrojadas al ambiente en el RSA	Ing. Ambiental.
	A4.2	Identificación de emisiones	
5. Documento descriptivo con estudios básicos de infraestructura, equipos y tecnología necesaria para el tratamiento del biogás.	A5.1	Análisis de la composición físico química del biogás y la presencia de contaminantes	Ing. Ambiental, Ing. Mecánico, Ing. Civil
	A5.2	Análisis de la tecnología instalada en el RSA para la extracción y combustión de Biogás	
	A5.3	Análisis de la tecnología necesaria para el proceso de lavado, filtrado y descontaminación del biogás. (siloxanos)	
6. Documento descriptivo con estudios básicos de infraestructura, equipos y tecnología necesaria para generación de energía eléctrica utilizando biogás de relleno sanitario como combustible 6.1 Memorias de cálculo de capacidad instalada y potencial de generación de energía eléctrica con el biogás del relleno sanitario 6.2 Estudio básico de obra eléctrica y civil para la subestación	A6.1	Recopilación de información de tecnología apropiada para generación de energía eléctrica y su inyección a la red de distribución local	Ing. Electricista, Ing. Civil, Asistentes.
	A6.2	Análisis de costos de equipos e infraestructura necesaria	
	A6.3	Levantamiento de información en campo sobre el estado actual de las redes eléctricas del relleno sanitario y la	



Universidad de Nariño



	A6.4	Vereda la Josefina Determinar la demanda de energía eléctrica en el RSA y en la vereda la Josefina		
7. Estudio estimativo de los costos en que se incurrirían por la puesta en marcha del sistema de generación de energía y su respectivo AOM.	A7.1	Recopilación y análisis de información sobre costos generales de la puesta en marcha y operación de un sistema de generación de energía utilizando biogás de relleno sanitario	Econimista, Electricista, Mecánico.	Ing. Ing.
	A7.2	Cotizar equipos de generación y tratamiento del biogás con proveedor reconocido a nivel internacional		
8. Informe sobre la viabilidad técnica y económica del proyecto	A8.1	Elaboración de un presupuesto general para la implementación del sistema de generación con biogás del RSA	Economista, Electricista.	Ing.
8.1 Documento descriptivo sobre el modelo de negocios propuesto	A8.2	Determinación de la cantidad de energía a generarse y excedentes para venta		
	A8.3	Análisis de costos del precio promedio del kilovatio – hora		
	A8.4	Recopilación de información sobre los posibles agentes del mercado de energía mayorista con los cuales se podría tranzar la energía y definición del tipo de contrato a realizarse		
	A8.5	Recopilación de información sobre el		



		marco regulatorio nacional acerca de la energías renovables no convencionales	
9. Estudio de ingeniería básica, inicialmente en fase II, para la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica aprovechando el biogás del RSA del municipio de Pasto	A9.1	Analizar la viabilidad operativa, técnica y económica de un sistema de generación de energía eléctrica en el RSA.	Ing. Ambiental, Ing. Químico, Ing. Electricista, Ing. Mecánico, Economista, Asistentes de Investigación.
9.1 Publicación de un resumen ejecutivo del proyecto en un web site, de acceso público.	A9.2	Utilizar información secundaria, experiencia profesional, apoyo investigativo de la Universidad de Nariño y entidades relacionadas con el sector energético y el de servicios	
	A9.3	Canalizar recursos provenientes de fondos y/o entidades estatales hacia los grupos de investigación	

Tabla.11. Productos, actividades y personal requerido

4.5. Identificación y Descripción de la Innovación Propuesta

El equipo técnico desarrollador de este estudio, conformado por Ingenieros Ambientales, Químicos, Eléctricos, Electrónicos, Mecánicos, profesionales de la Administración de empresas, estudiantes del departamento de Ingeniería Electrónica, determinó que el estudio de Prefactibilidad se realizará para el Relleno Sanitario Antanas del Municipio de Pasto, pues, para este relleno sanitario existe una buena cantidad de información pública, como por ejemplo el documento PGIRS 2005-2020. Para realizar este estudio de Prefactibilidad el equipo profesional se apoyó en toda esa información disponible en: libros, artículos de tecnología, páginas web de empresas directamente relacionadas, herramientas informáticas, experiencias y entrevistas con profesionales relacionados con el tema de generación de energía y tratamiento de residuos sólidos del sector académico, publico, y privado.

Con base en la información mencionada se realizó una caracterización del Biogás de relleno sanitario, para determinar sus componentes, fundamentalmente el Metano (CH₄) que es el principal aportante energético y el que a la postre se utilizará como combustible para poner en funcionamiento el generador de energía eléctrica. El análisis de la información recabada concluye que el CH₄ producido



Universidad de Nariño



en el relleno sanitario Antanas constituye en promedio un 43.7% del biogás, siendo este, el primero de los datos importantes para proceder con los cálculos estimativos de capacidad de generación. El valor obtenido se encuentra enmarcado dentro de lo esperado, pues, como información general el metano en rellenos sanitarios se encuentra presente en el biogás en un rango de 40% a 55%, lo que nos permite concluir que el dato obtenido para este caso en particular es correcto.

Las cantidades de residuos sólidos que se depositan diariamente en el RSA son en promedio 250 toneladas por día, con datos promedio de otros rellenos sanitarios, se podría pensar inicialmente en una proyección de generación de Biogás cercano a los 200 metros cúbicos por cada tonelada depositada, proyectándose así, un potencial diario de 5000 metros cúbicos de biogás, y, de aquí un flujo promedio de 208.33 metros cúbicos por hora.

Sin embargo, dado que ya existe desde varios años una gran cantidad de toneladas de residuos dispuestas y en condiciones anaeróbicas, el flujo de biogás incrementa notoriamente, así, los datos obtenidos para este estudio concluyen que para el Relleno Sanitario Antanas en la actualidad el flujo promedio de biogás es de 446 metros cúbicos por hora; segundo dato importante para los siguientes cálculos a partir del cual se obtiene una producción promedio mensual de Biogás de 321.120 metros cúbicos y de 3'853.440 metros cúbicos por año, los cuales son los datos con los cuales se procederá a determinar el potencial energético del relleno sanitario Antanas del municipio de Pasto.

Para determinar la cantidad de Energía Disponible en el RSA, después de analizar varias metodologías, y teniendo como referencia la información pública del RSA se aplicarán dos metodologías distintas, las cuales se han utilizado por empresas consultoras expertas en otros rellenos sanitarios del país, con resultados muy aproximados a los que posteriormente estudios mas detallados han entregado (FASE III). Se considera que para este proyecto en FASE II, las metodologías propuestas y la comparación de sus resultados son suficientes.

- **Metodología 1:** Inicialmente, los datos de biogás producido y flujo promedio por hora se utilizaron como datos para resolver la siguiente expresión matemática:

Energía Disponible	= metros cúbicos Biogás X Poder Calorífico X	Porcentaje CH4 X	Eficiencia
	Producido por año	del CH4	eléctrica motor

Donde:

Energía Disponible = $kCal / Año$

Metros cúbicos Biogás = $m^3 / Año$
Producido por año

Poder Calorífico = $8.569 kCal / m^3$
Del CH4



Universidad de Nariño



Porcentaje CH₄ = 0,437
En el Biogás

Eficiencia = 0,361
Eléctrica motor

Por lo tanto:

Energía = $3'853.440 \times 8.569 \times 0,437 \times 0,361 = 5.209.196.231,93$ (kCal /Año)
Disponibile

Ahora, 1.000 kCal equivalen a 1,163 kW-h, por lo tanto:

Energía = $5.209.196.231,93$ (kCal /Año) $\times 1,163 / 1.000$ (kW-h/kCal)
Disponibile

Finalmente,

Energía = $6.058.248,70$ (kW – h/Año) = $6,06$ (GW – h/Año)
Disponibile

Dato a partir del cual se obtiene la capacidad del generador a instalar, trasladando el valor a kilovatios hora, Megavatios hora o Gigavatios/hora, entonces:

Potencia = $6.058.248,70$ (kW-hora/Año) $\times 1/12$ (Año/mes) $\times 1/30$ (mes/día) $\times 1/24$ (día/hora)
Instalada

Finalmente:

Potencia = $701,19$ kW = $0,7$ MW
Instalada

En resumen, utilizando esta primera metodología de cálculo, la capacidad del generador a instalar aprovechando un flujo de biogás de 446 m³/hora es de 0,7 MW, el cual, con una operación ininterrumpida podría generar 6,06 GW-Año.

- **Metodología 2:** Para proyectar la producción de Biogás en el relleno sanitario, objeto del presente estudio, se empleó el modelo Colombiano de Biogás; autoría de la Environmental Protection Agency, EPA de los Estados Unidos. Esta herramienta está disponible en internet, junto a una descripción de la misma y su manual de usuario.

En la Tabla 14 se muestran los datos ingresados a la hoja de cálculo.

No. Dato	Proyecciones de generación y recuperación de biogás de rellenos sanitarios Pagina de alimentación	
1	Nombre del sitio:	ANTANAS
2	Ciudad:	PASTO
3	Departamento:	Nariño
4	Seleccionar una de 5 regiones geográficas en Colombia:	Andina
5	Seleccionar una de 5 zonas climáticas basado en la precipitación anual promedio:	Moderadamente Húmedo (1000-1499 mm/yr)
6	¿Existen datos de caracterización de residuos específicos al relleno sanitario en cuestión?	Si
7	Año de apertura del sitio:	2010
8	Disposición anual del año más reciente (Mg/año):	82,855 Mg
9	Año de disposición (ver #8):	2012
10	¿Existe información sobre el volumen total dispuesto en el sitio (volumen o masa)? Si no existe información, entonces pasar al #15	Si
11	¿Existe información sobre la disposición histórica de residuos para calcular el Mg. dispuesto en sitio?	Si
12	¿Cual es el estimado de residuos puesto en sitio al final del año? (ver #9)	82,855 Mg
13	¿Cual es la densidad estimada en sitio en Mg./m³? (rango típico: 0.5-1.0):	0.90 Mg/m³
14	Si el volumen de residuos puesto en sitio se encuentran en (m³), convertir a Mg.:	82,855 Mg
15	Año de clausura actual o proyectado:	2030
16	Crecimiento estimado en la disposición anual:	1.3%
17	Profundidad promedio del relleno sanitario:	18 m
18	Diseño y practicas de manejo del relleno sanitario (condiciones históricas promedio):	2
19a	¿Ha habido algún incendio en el relleno sanitario?	No
19b	Si la respuesta a 19a es "Si", indique el área del impacto en % del total del relleno sanitario:	0%
19c	Si la respuesta a 19a es "Si", indique la gravedad o impacto del incendio:	1
20	Año de arranque del sistema de captura (actual/estimado):	2010
21	Porcentaje del área con residuos que cubre el sistema de captura:	100%
22	Porcentaje del área con residuos con cubierta final:	100%
23	Porcentaje del área con residuos con cubierta intermedia:	0%
24	Porcentaje del área con residuos con cubierta diaria:	0%
25	Porcentaje del área con residuos sin cobertura:	0%
26	Porcentaje del área de residuos con recubrimiento inferior de arcilla/geomembrana:	100%



27	¿La compactación de residuos se hace regularmente?	Si
28	¿La disposición de residuos se hace en un área específica?	Si
29a	¿Existe el afloramiento/brote de lixiviado en la superficie del relleno sanitario?	No
29b	Si la respuesta de 29a es "Si", ¿esto ocurre solo después de llover?	Si
30	Eficiencia de captura estimada:	90%

Tabla.12. Datos alimentados al Modelos de Producción de Biogás del Relleno Sanitario Antanas Pasto (Nariño)

Según la EPA (Environmental Protection Agency, 2012), “El Modelo proporciona valores pre calculados para el índice de generación de metano (k) y la generación potencial de metano (L0), los cuales fueron desarrollados usando datos específicos del clima, datos de la caracterización de residuos y datos específicos sobre el biogás de sitios representativos en Colombia. Estos datos permiten que los usuarios puedan generar índices de generación y recuperación de biogás para rellenos sanitarios localizados en diversas regiones de Colombia”

Los datos allí alimentados fueron tomados del PGIRS del municipio de Pasto (Alcaldía Municipal de Pasto, 2007). La caracterización del relleno corresponde a los datos de 1 a 5 en la tabla mencionada. Los datos correspondientes a la caracterización de los residuos sólidos corresponden a la Tabla 15.

Las Proyecciones de generación y recuperación del Biogás de Rellenos Sanitarios Antanas Pasto Nariño Colombia Ver en Anexos.



Universidad de Nariño



Categoría de Residuo	Datos Específicos al Sitio
Comida	70.0%
Papel y Cartón	8.3%
Poda (jardines)	0.4%
Madera	0.7%
Caucho, Piel, Huesos y Paja	0.9%
Textiles	1.4%
Papel Higiénico	0.0%
Otros Orgánicos	0.4%
Pañales (asume 20% orgánico / 80% inorgánico)	0.0%
Metales	1.5%
Construcción y Demolición	3.8%
Vidrio y Cerámica	3.9%
Plásticos	8.6%
Otros Inorgánicos	0.0%
TOTAL	100.0%

Tabla.13. Caracterización de los residuos sólidos (Alcaldía Municipal de Pasto, 2007)

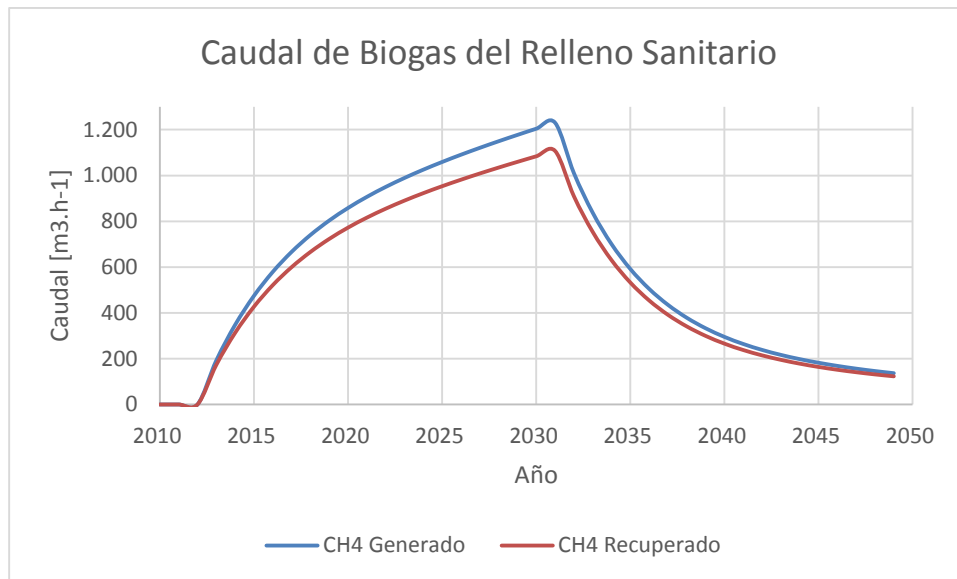


Fig.24. Proyecciones de generación y recuperación de Biogás. Relleno Antanas Pasto Nariño Colombia

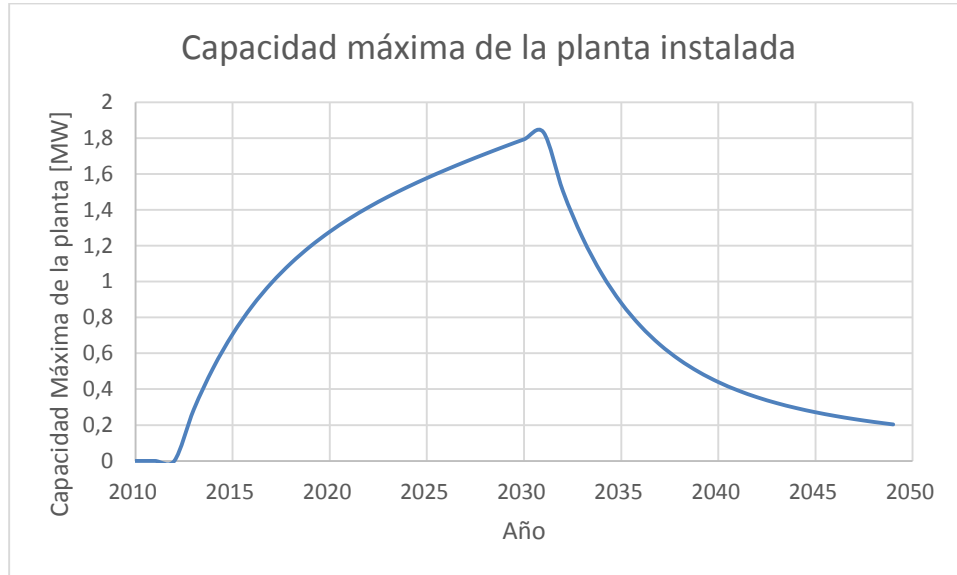


Fig.25. Capacidad máxima de la planta

Utilizando esta segunda metodología de cálculo, la capacidad del generador a instalar estaría en un rango de 0,8 MW a 1,8 MW aprovechando un flujo de biogás de 454 m³/hora a partir del año 2015 y de 1.067 m³/hora en el año 2029, con una operación ininterrumpida podría generarse energía anual desde 6,91 GW-Año hasta 15,55 GW – Año.

La comparación de las dos metodologías permite observar que en el rango inferior de producción de biogás las capacidades de generación son muy similares: 0,7 MW y 0,8 MW, la gran ventaja de esta segunda herramienta es la capacidad de proyectar flujos de Biogás, ya que tiene en cuenta la cantidad residuos dispuestos en la actualidad y a futuro.

➤ Descripción de los componentes del sistema de generación de energía

A continuación se describirán de manera general los principales componentes para un sistema de extracción de biogás, su correspondiente filtración y limpieza al igual que su aprovechamiento en generación de energía eléctrica. Según el análisis realizado en la presente investigación la cantidad de biogás recuperable al igual que su porcentaje de metano parece ser suficiente para desarrollar un proyecto de energía de mediana escala, si utilizamos el biogás como combustible.

En el relleno Sanitario Antanas se han identificado dos alternativas para el uso del biogás:

1. Generación de electricidad
2. Quema o destrucción del metano para reducir las emisiones atmosféricas de los gases de efecto invernadero (GEI) con potencial de agotamiento de la Capa de Ozono (PAO) considerable.

Actualmente el relleno Antanas de la ciudad de Pasto ya cuenta con una Unidad desgasificadora o antorcha marca Hofstetter las características se muestran en la tabla 14.

ANTORCHA HOFSTETTER
« Potencia térmica máxima: 3.000 Kw. « Elevación de presión máxima: 210 mbar. « Tenor en metano (dentro del Biogás) entre 30 % y 50 %. « Temperatura de combustión entre 1.000 °C y 1.200 °C. « Tiempo de permanencia (del gas) dentro de la llama: > 0.3 s. « Presión de aspiración: -60 mbar « Nivel ruidoso: < 69 dB(A) a 15 m (y a 2 m de altura). « Dispositivo anti-retorno de llama. « Válvulas de cierre rápido. « Motor EEx (anti explosivo). Altura de la antorcha: 7 m Longitud del contenedor: 20 pies

Tabla.14. Características de la Antorcha HOFSTETTER

Adicional a lo anterior se puede anotar que la antorcha cuenta con una estación de monitoreo central localizado en un contenedor de 20 pies de longitud.

Los controles que presenta la unidad desgasificadora y de combustión se muestran en la tabla 15 y tabla 16.

CONTROL ANTES DE COMBUSTIÓN
• Sistema con válvula de cierre rápido • Presión de arranque de la antorcha • Cierre o abertura lenta mediante válvula motorizada • La sobre-temperatura en el sistema con sistema de llama anti-retorno

Tabla.15. Controles de la Unidad Desgasificadora

CONTROL DE COMBUSTION

- **Unidad de encendido**
- **Clapeta de aire y accionamiento**
- **Cierre o abertura lenta mediante válvula motorizada**
- **Control UV para la llama del quemador**

Tabla.16. Controles de la Unidad de Combustión

La unidad presenta además un control de vacío en la red de aspiración o succión por debajo de los 100 mbar, para poder lograr la extracción forzada del biogás desde la red interior de tuberías hasta la planta de quema controlada.

La antorcha de quemado de biogás presenta una capacidad de quema de 600 m³/h, lo anterior en base a las estimaciones iniciales de caudal de biogás generado y extraíble y considerándose un 50% de extracción.

El tanque de condensados o ciclón está encargado de extraer la humedad del biogás saturado de agua proveniente del relleno y lo deja en óptimas condiciones para ser quemado en los quemadores de la antorcha.



Fig.26. Tanque de Condensados del RSA

Fuente: [29]

El sistema de análisis de gas, consta de dos analizadores que miden continuamente las concentraciones de gas metano y oxígeno en el biogás. Estos datos son mostrados en un display para ser observados cuando se necesiten.

El equipo posee además un flujómetro marca PROWIRLF F el cual mide la cantidad de biogás que es quemado.



Fig.27. Planta de Desgasificación del RSA

Fuente: [29]

Si miramos todo el proceso de quema de gases desde el vertedero del Relleno de Antanas hasta la antorcha de quemado, lo podemos resumir en el siguiente gráfico.

El proceso de quema de gases desde el vertedero del Relleno de Antanas hasta la antorcha de quemado se observa en la figura 28.

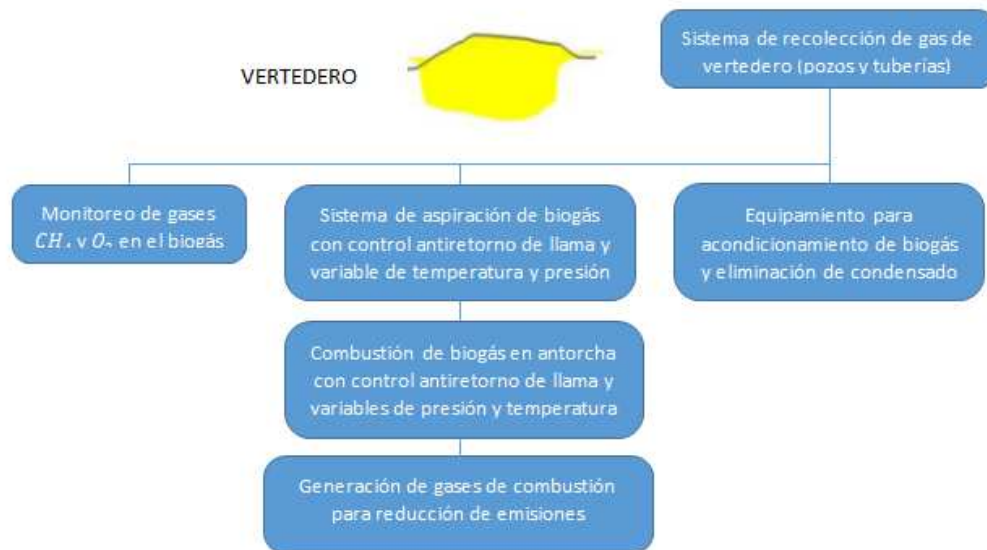


Fig.28. Etapas del proceso de desgasificación del RSA

En la figura 29 se describe mediante un esquema más detallado el sistema de extracción y combustión.

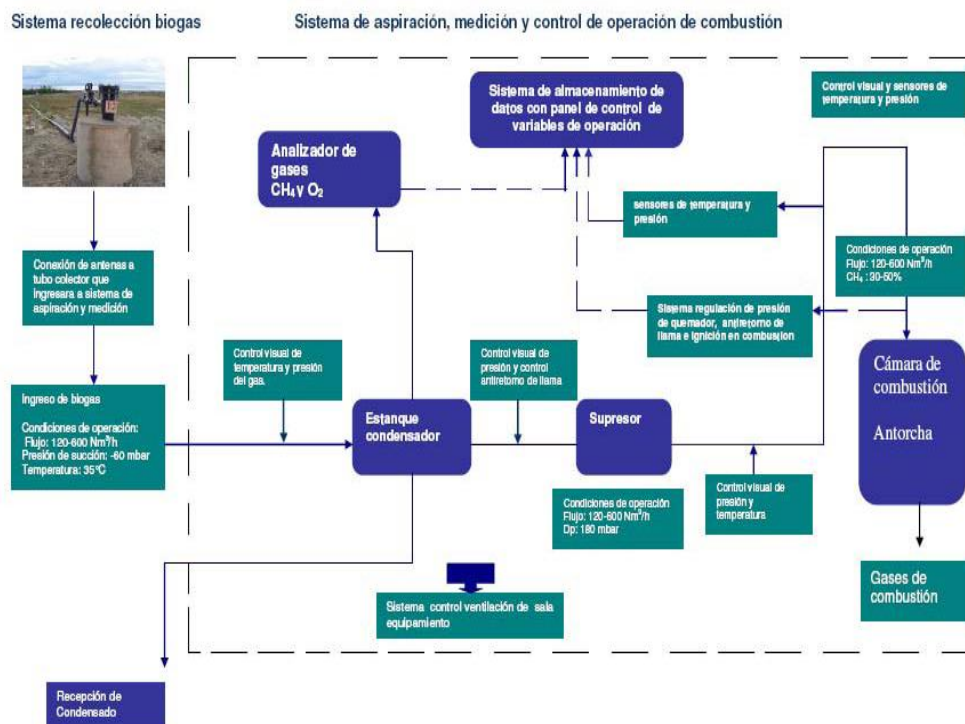


Fig.29. Sistemas de recolección de biogás en el RSA

Con relación a la anterior información, podemos decir que actualmente el relleno Antanas tiene el equipo para desgasificar y quemar 600 M3/H de biogás a las condiciones particulares presentes en el relleno.

Como fue planteado inicialmente en el diseño de la planta desgasificadora, la fase 1 correspondió o estuvo limitada a la destrucción del Biogás de relleno sanitario, LFG por sus siglas en inglés, colectado de la red interna del relleno, pero adicionalmente se menciona que se tendría la posibilidad de generar electricidad aprovechando el poder calorífico del LFG y de entregar esta energía a la red de distribución para su posterior aprovechamiento, esto sería en una etapa futura llamada en su momento fase 2. Lo anterior se dejó indicado gráficamente en el siguiente esquema (PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM-SSC-PDD) Version 03 - in effect as of: 22 December 2006.)

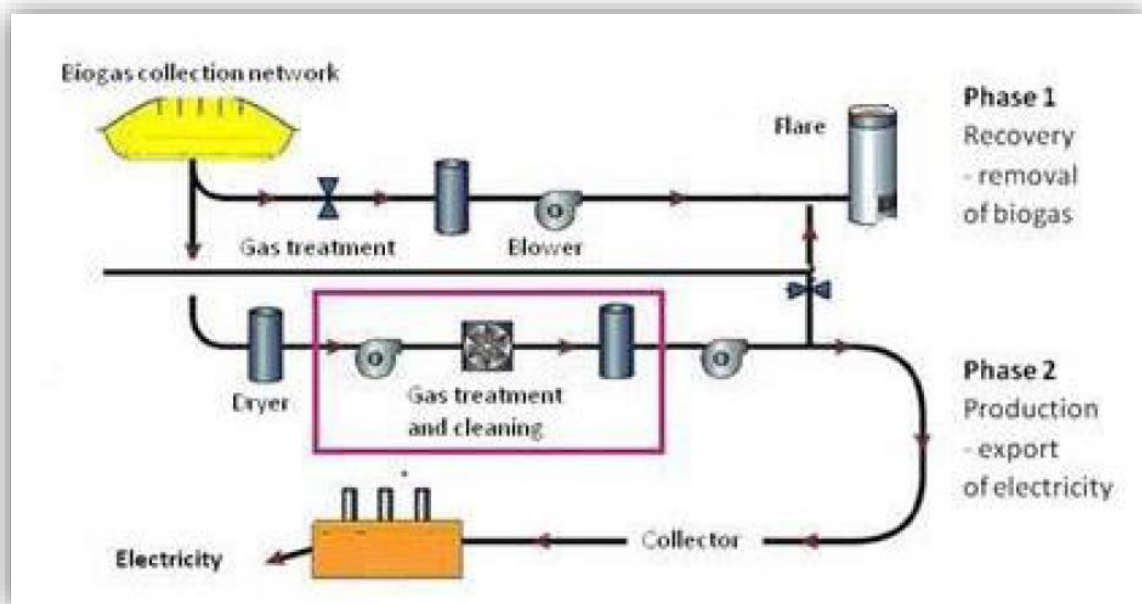


Fig.30. Red de recolección de biogás

Fuente: [30]

En el esquema se puede ver en la parte superior representada la fase 1, El mecanismo de recuperación del LFG y su disposición final en la antorcha de quemado después de pasar por un proceso de tratamiento, principalmente de deshidratado. El LFG es succionado de la red interna en el colector y llevado por corriente forzada a través del tanque de condensados o ciclón donde sufre deshidratación y posteriormente impulsado hasta la antorcha de quemado. En la parte de abajo se observa la fase 2 propuesta para una futura etapa. En ella se tiene proyectado primeramente un secador, luego un módulo de tratamiento de limpieza y finalmente la conducción del LFG hasta un motor de combustión interna debidamente diseñado para funcionar con LFG.

Se observa además una válvula de by pass la cual permite conducir el gas saliente del módulo de limpieza hacia la antorcha de quemado cuando fuere necesario parar el generador, ya sea por parada de mantenimiento, por paro de emergencia o simplemente cuando se quiera solamente quemar el biogás.

Es importante anotar que para el aprovechamiento del LFG para la generación de electricidad se tienen dos opciones tecnológicas suficientemente probadas con éxito. Una es el de las turbinas de combustión de gas las cuales tienen buenas eficiencias de generación eléctrica y han sido utilizadas en forma exitosa en la generación de energía eléctrica a partir de biogás. Sin embargo, las turbinas de combustión se adaptan mejor a los sitios de rellenos sanitarios más grandes en donde se encuentran disponibles volúmenes de biogás mayores, donde los límites reglamentarios de las emisiones para productos de combustión (principalmente NOx) son más estrictos, o donde existen aplicaciones de calor y energía combinadas con grandes cargas de vapor o calor.

Típicamente las microturbinas son más adecuadas para aplicaciones de rellenos sanitarios más pequeños donde la electricidad que se genera sirve para cubrir la carga eléctrica (medición neta) o carga de calor y del sitio y donde hay tarifas minoristas de electricidad altas que el proyecto pueda compensar. Las microturbinas habitualmente tienen costos de capital comparativamente altos y eficiencias menores (índices de calor más altos) [31].

Michael A. Devine de la división de Generación eléctrica y Gas Product Marketing Manager de Caterpillar expresa que los motores reciprocantes que funcionan con gases pobres como es el caso de los LFG, son más eficientes que las turbinas en las aplicaciones puramente eléctricas. Estos tienen menor costo inicial por KW en proyectos pequeños (generalmente menores que 10 MW) y son más tolerables a altitudes altas y a ambientes con temperaturas mayores. Ellos operan en presiones de combustibles bajas 1.5 a 5 PSI (10 a 35 Kpa), eliminando los costos de instalar y mantener un sistema de compresión [32].

Fundados en este razonamiento, el Equipo del proyecto concluyó que, para efectos de este estudio, los motores de combustión interna reciprocantes constituyen la opción tecnológica más apropiada para la opción de generación de energía eléctrica usando como combustible biogás (LFG) proveniente del relleno Sanitario.

- Tecnología Aplicada al Aprovechamiento del Biogas Proveniente del Relleno Sanitario Antanas
 - EQUIPO DE LIMPIEZA DE SILOXANOS Y VOC`S

El LFG a ser utilizado en la combustión interna de un motor se debe tratar con las tecnologías disponibles a la fecha en descontaminación de LFG. Durante este estudio no se realizó la prueba de cromatografía la cual determina el porcentaje de los gases contenidos en el LFG.

Entre los gases contaminantes que se pueden presentar en un relleno sanitario típico como el de Antanas son Siloxanos, *VOC's*, *H2S*

- **SILOXANOS**

Estíbaliz Aranzabe y José Ignacio Ciria describen que en los R.S.U. existen ciertos compuestos que se encuentran presentes en sellos, tuberías etc. Estas siliconas por medio de la fermentación se transforman en Siloxanos. Cuando estos compuestos órgano-silicatos, entran en los motores o turbinas, se produce ruptura de los siloxanos y se trasforman en compuestos más estables como por ej. SiO_2 , CO_2 y H_2O . Los siloxanos en el proceso de combustión del motor de gas se convierten en silicatos y cuarzo microcristalino. Generalmente, se suelen formar en la parte superior de los cilindros de los motores. Estos compuestos formados en la combustión pueden disminuir el volumen de la cámara de combustión aumentando así la relación de compresión e incrementándose la tendencia a presentar detonaciones. Así mismo el cuarzo microcristalino puede acelerar la abrasión en el interior de los motores [33].

La caracterización realizada en esta investigación del contenido de gas metano y su caudal están contenidos en la tabla 17.

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	PROMEDIO	MINIMO	MÁXIMO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Caudal	Nm^3h^{-1}	446.6	250.0	549.0	95.5
CH₄	%	43.8	22.0	51.6	4.8

Tabla.17. Caudal y composición promedio

Se recomienda que para la fase siguiente de este proyecto se realice la cromatografía de gases por desorción térmica, con el fin de rectificar los valores al biogás LFG producido en el relleno Antanas, y de sentar las bases del diseño y selección definitivos de los equipos de limpieza de Siloxanos, *VOC's* y *H2S*.

La empresa AlertLat ubicada en Pafnuncio Padilla 26 cd Satelite, Naucalpan 53100, estado de Méjico, Méjico, Presenta una propuesta de un filtro de siloxanos para 450 Nm^3/h , 50 mg/Nm^3 de Siloxanos, y 50 Nm^3/h de *VOC's*, lo cual es probable de esperar, de acuerdo a la experiencia, con este tipo de biogás procedente de vertederos similares al Relleno Antanas. Esta información deberá ser validada mediante un estudio de cromatografía de gases por desorción térmica, con de fin de rectificar los valores.

Según datos del proveedor Ing. Rodolfo Montelongo Bahena de AlterLat Energía Alternativa de Latinoamérica SA, En adición a este equipo es necesario un soplante (Blower) que tenga la suficiente presión negativa para extraer el gas del relleno sanitario, vencer las caídas de presión del sistema de acondicionamiento (generalmente, un sistema térmico para secar el gas, y filtros, como el de siloxanos) y entregar a la presión que requiere el motor. Para un motor de aprox. 1000 kWe, debe ser alrededor de unos 350 - 400 Nm³/h, y asegurar una presión de descarga de unos 100 – 150 mbar, según la experiencia en este tipo de proyectos [33].

- Equipo de remoción de Siloxanos



Fig.31. EQUIPO DE REMOCION DE SILOXANOS

Fuente: [33]

- Características planta generador

- Alcances del suministro

Para el suministro de un sistema de extracción de siloxanos para un caudal de gas de hasta un máximo de 450. Una entrada de siloxanos con un nivel de contaminación de 50 mg/Nm³. El nivel de otros compuestos orgánicos volátiles se espera puede ser de 50 mg/Nm³

Sistema BGAK tipo sistema de eliminación de siloxanos (SRS) (dual 304 ST. STL carcasas y patín de regeneración con calentador y soplador) con una capacidad para reducir siloxanos a 10 Nmg/m³ o menos, para un flujo de entrada de biogás de 450 Nm³/hr.

Panel de control estándar para la ubicación en una zona segura y diseñado para la seguridad y controlar automáticamente el SRS. El panel incorporará PLC de control programado, y consta de:

1. Un marco de soporte rígido de acero y soportes de cables.
 2. IP 65 protección de la entrada. Con recubrimiento de polvo, color RAL 7032.
 3. Un interruptor de aislamiento principal pad-cerradura.
 4. Todos los terminales necesarios para los cables entrantes y salientes.
 5. prensaestopas adecuados.
 6. Unidad de control electrónico (ECU) con pantalla HMI.
 7. Todos los MCB `s requeridos, unidades de alimentación, relés de barreras de seguridad intrínsecas, etc.
 8. La separación entre el cableado / terminales / cableado analógico y digital.
 9. 10 m de cable umbilical proyectado en varias vías eléctricas y líneas neumáticas.
 10. Circuitos de seguridad cableada independiente con parado Electrónico, enlace térmico y brida de temperatura de calentador.
 11. Dos dispositivos de reposición con llaves para circuitos de seguridad anteriores.
- Desempeño del SRS
 - Basado en una regeneración en la noche por cada 24 horas.
 - Los niveles de siloxanos después del SRS serán menores a 10 mg/Nm3.
 - El consumo aproximado durante la regeneración es aproximadamente de 70 kw h/día.
 - Cantidad de condensación aproximada de 2 litros/día.
 - Costos del SRS

Item	Descripción	Valor unitario libras esterlinas	Valor en libras esterlinas	Valor en pesos colombianos
1	BGAK Typo SRS con panel de control del propietario, calentador y soplador	162.500.00	162.500.00	\$503.108.970+ IVA
2	Entrega, descarga, puesta en marcha y capacitación de los operadores	10.500.00	10.500.00	\$32.508.579+ IVA
	TOTAL		173.000.00	\$535.617.549+ IVA



Universidad de Nariño



Tabla.18. Referencia de la planta de Siloxanos
Fuente: [34]

- Motor reciprocante de combustion interna
 - Equipo motor generador: g3516a+ caterpillar



Fig.32. Motogenerador *G3516A caterpillar*

Fuente: [35]

GAS GENERATOR SET PRODUCT RATINGS SUMMARY



60Hz GAS GENERATOR SET RATINGS

Biogas, Landfill Gas, Sewage Gas ¹⁾

	Model	rpm	Emission Level No _x ²⁾		Aftercooler Temperature		Electric Power ³⁾ @ 1.0 pf	Efficiency ⁴⁾			
			mg/Nm ³	g/bhp-hr	°C	°F		kW _e	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency
									%	%	%
	G3306	1800	6055	17.3	-	-	76	26.7	62.4	89.1	
	G3406	1800	7613	21.0	-	-	137	27.7	61.1	88.8	
	G3412	1800	7051	16.4	-	-	194	26.5	62.9	89.4	
	CG132-8	1800	500	1.0	40	104	400	41.6	43.2	84.8	
	G3508A	1200	859	2.0	54	130	408	32.2	45.8	78.0	
	CG132-12	1800	500	1.0	40	104	600	41.4	43.7	85.1	
	G3512 LE	1200	759	2.0	54	130	615	29.6	48.1	77.7	
	CG132-16	1800	500	1.0	40	104	800	41.7	43.3	85.0	
➡	G3516A	1200	787	2.0	54	130	824	31.0	47.6	78.6	
➡	G3516A+	1200	500	1.0	54	130	1015	36.1	39.9	76.0	
	CG170-12	1500	500	1.0	50	122	1200	41.8	43.8	85.6	
	CG170-16	1500	500	1.0	50	122	1550	41.4	43.9	85.3	
➡	G3520C	1200	439	1.0	54	130	1622	39.8	39.9	79.7	
	G3520C	1500	500	1.0	54	130	1936	38.7	44.7	83.4	
	CG170-20	1500	500	1.0	50	122	2000	42.7	43.3	86.0	
	CG260-12	900	500	1.0	40	104	2530	42.2	40.3	82.5	
	CG260-16	900	500	1.0	40	104	3370	43.1	38.6	81.7	

Tabla.19. Productos del grupo electrógeno de gas

Fuente: [35]

Las características y especificaciones del generador de gas se encuentran en las siguientes tablas

GAS GENERATOR SETS SPECIFICATION

Maximum Continuous Rating	1041 kw
Fuel Type	Natural Gas, Biogas, Coal Gas
Maximum Electrical Efficiency	36.4%
Maximum Standby Rating	1000 kw
Frequency	50/60Hz
rpm	1200/1500rpm

Tabla.20. Especificación de conjunto generador de gas

Fuente: [35]



Universidad de Nariño



ENGINE SPECIFICATION

Engine Model	G3516A
Bore	6.7 in
Stroke	7.5 in
Displacement	4210.0 in3
Aspiration	TA

Tabla.21. Especificaciones del motor

Fuente: [35]

GENERATOR SET DIMENSION

Length	193.0 in
Width	68.0 in
Height	76.0 in
Dry weight genset	27670.0 lb

Tabla.22. Dimensiones del generador

Fuente: [35]

- COSTOS EQUIPO MOTO GENERADOR

Item	Descripción	Valor unitario \$	Valor Total USD	Valor Total \$ Colombiano s
1	G3520C/ Es de 1600 Kwe nominales, a la altura de Pasto solo entregaría 1360 KWe.	USD 935.000 + IVA	USD 935.000 + IVA	USD 935.000 + IVA
2	G3516A+ /es de 1000 Kwe nominales, a la altura de Pasto entregaría 800 KWe.	USD 670.000+ IVA	USD 670.000 + IVA	USD 670.000 + IVA



Universidad de Nariño



3	G3516A/ es de 820 Kwe nominales, aunque a la altura de Pasto entregaría 688 KWe.	USD 576.000 + IVA	USD 576.000 + IVA	USD 576.000 + IVA
	TOTAL			\$ 1.287.070.000+ IVA

Tabla.23. Características y costo del motogenerador
Fuente: [36]

- COSTOS EQUIPO DE LIMPIEZA Y MOTO GENERADOR

Item	Descripción	Valor unitario \$	Valor Total USD	Valor Total \$ Colombianos
1	G3516A+ /es de 1000 Kwe nominales, a la altura de Pasto entregaría 800 KWe.	USD 670.000+ IVA	USD 670.000 + IVA	\$ 1.287.070.000+ IVA
2	BGAK Typo SRS con panel de control del propietario, calentador y soplador. Entrega, descarga, puesta en marcha y capacitación de los operadores			\$535.617.549+ IVA
	TOTAL			\$1.822.687.549+ IVA

Tabla.24. Características y costos de equipo de limpieza y el motogenerador

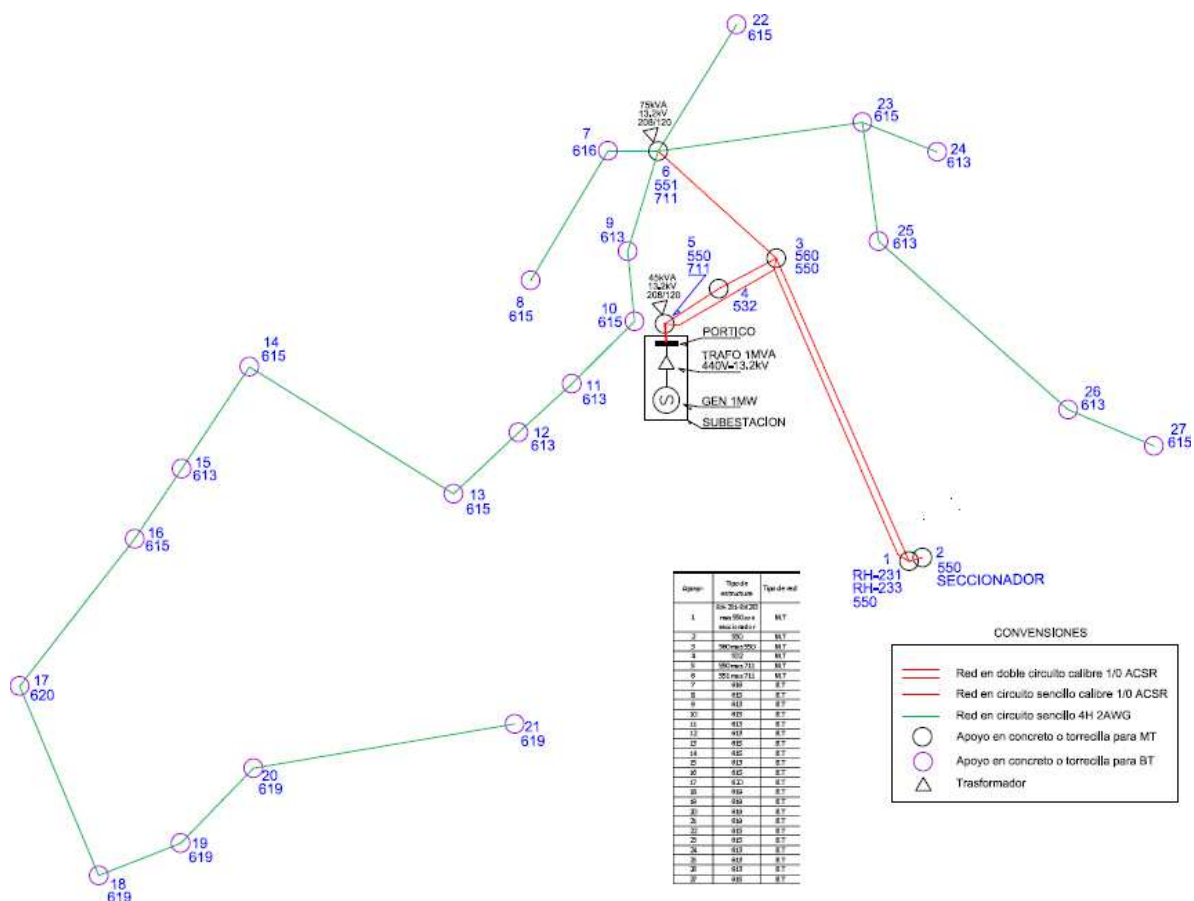


Fig.33. Diagrama de Ubicación del Generador, Subestación Eléctrica e Interconexión a la Red local de Media Tensión (13.22 V) [37]

4.6. Metodología y Distribución de Responsabilidades

Código de Actividad.	Desarrollo de la Actividad.
A1.1	Mediante la toma de varias muestras del biogás para que sea analizado en laboratorio especializado en cromatografía de gases, información que debe ser analizada por profesionales del área: ingeniero químico y ambiental con experiencia relacionada, con aportes de conocimientos de profesionales del área, revisión bibliográfica y consulta en sitios web sobre la composición del biogás de los rellenos sanitarios. Participantes: Universidad de Nariño, EMAS PASTO SA ESP. Visita del grupo de investigadores al RSA para observar la planta existente
A1.2	Es necesario obtener datos estadísticos de cantidades de residuos dispuestos en el RSA. Consultar en sitios web, entidades ambientales y gubernamentales del municipio, información secundaria sobre la disposición final de los residuos en el RSA y su composición. Se requiere la participación de un ingeniero Ambiental y la contribución de información por parte de EMAS SA ESP. Participantes: Universidad de Nariño, EMAS PASTO SA ESP. Visita del grupo de investigadores al RSA para observar

	la planta existente
A1.3	Considerar y consultar las variables más relevantes por parte del Ingeniero Ambiental y Químico de la herramienta informática Modelo Colombiano del Biogás, para realizar las proyecciones de recuperación de biogás. Participantes: Universidad de Nariño
A2.1	El Ingeniero Electricista y Químico revisan y realizan cálculos con expresiones matemáticas que les permite relacionar variables del potencial calorífico del metano con el flujo de biogás disponible. Participantes: Universidad de Nariño, ASC INGENIERIA SA ESP. Visita del grupo de investigadores al RSA para observar la planta existente
A3.1	Se consultan manuales de planta desgasificadora instalada en el RSA así como datos históricos de la combustión del biogás durante su tiempo de funcionamiento. Participantes: Universidad de Nariño, EMAS PASTO SA ESP, profesionales vinculados: Ingeniero mecánico y ambiental. Visita del grupo de investigadores al RSA para observar la planta existente.
A3.2	El Ingeniero Ambiental desarrolla un estudio de los impactos ambientales con la información disponible del RSA sobre la emisión de gases de efecto invernadero y posible reducción con el aprovechamiento del biogás como combustible. De acuerdo a la normatividad ambiental vigente y a las exigencias de la corporación autónoma regional, esta actividad la realizará un ingeniero ambiental con experiencia relacionada, quien deberá hacer un exhaustivo trabajo de campo para justificar sus recomendaciones. El estudio deberá ser avalado por la autoridad competente en este tema. El estudio deberá contener al menos: • Las acciones a desarrollar en cada fase con una periodicidad establecida • Los controles analíticos realizados (parámetros a medir, periodicidad, puntos de muestreo, etc.). • Los niveles de emisión de contaminantes atmosféricos, las nuevas medidas correctoras a acometer en el proyecto según su evolución, indicando las nuevas acciones definidas, un cronograma de ellas, las fases que se van a ejecutar, etc. • El presupuesto de vigilancia y seguimiento ambiental detallado de cada fase, de cada material, de cada contrato, etc. Para esta actividad se requieren los servicios profesionales de un ingeniero ambiental con experiencia relacionada. Participantes: Universidad de Nariño Visita del grupo de investigadores al RSA para observar la planta existente
A3.3	Con la información de la recuperación del biogás el Ingeniero Electricista realiza cálculos de los beneficios económicos del biogás como combustible en un generador de energía eléctrica, tanto para autoabastecimiento como para venta del excedente. Participantes: Universidad de Nariño, ASC INGENIERIA SA ESP
A4.1	Con la participación de un ingeniero ambiental, se procederá a realizar cálculos de emisión. Revisión bibliográfica de datos históricos sobre cantidades de metano arrojadas por en el RSA y su impacto en el ambiente. Participantes: Universidad de Nariño



Universidad de Nariño



A4.2	Con la participación de un ingeniero ambiental, se procederá a realizar cálculos de equivalencia de emisiones. De acuerdo a las consultas de cantidades de metano utilizables como combustible. Participantes: Universidad de Nariño
A5.1	Mediante la toma de varias muestras del biogás para que sea analizado en laboratorio especializado en cromatografía de gases, información que debe ser analizada por profesionales del área: ingeniero químico y mecánico. Visita del grupo de investigadores al RSA para observar la planta existente. Participantes: Universidad de Nariño
A5.2	Visita al RSA para comprender los diferentes procesos de la planta de extracción de biogás instalada. Revisión de la bibliografía relacionada con el tema, opiniones de profesionales expertos y la participación de un Ingeniero Químico, Mecánico y Ambiental. Participantes: Universidad de Nariño
A5.3	Consultar sobre equipos necesarios para el tratamiento de biogás con las mejores compañías a nivel internacional. Se necesita la participación de un ingeniero Químico y un Ingeniero Mecánico. Participantes: Universidad de Nariño
A6.1	Es necesario vincular en esta actividad a un equipo de profesionales de la ingeniería eléctrica y mecánica con amplia experiencia en el tema de generación eléctrica, quienes, deberán atender toda la normatividad del reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE –, la norma de construcción NTC 2050 y las recomendaciones del operador de red (CEDENAR SA ESP), igualmente, se deben encargar de la aprobación del estudio de interconexión con el operador de red ante la unidad de planeación minero energética. Los diseños en todo caso deberán ser firmados por un ingeniero electricista con matrícula profesional y aprobados por el operador de red. Buscar posibles proveedores de la tecnología apropiada para generación de energía eléctrica. Participantes: Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA ESP
A6.2	Se consultarán proveedores reconocidos a nivel internacional, con base en diseños debidamente aprobados se calcularán cantidades y precios. Es necesario vincular a un ingeniero eléctrico y a un ingeniero Mecánico. Participantes: Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA ESP
A6.3	Se realizarán visitas de campo al RSA y a la Vereda La Josefina para tomar datos geo referenciados de las redes eléctricas de media y baja tensión, el número de usuarios y un censo de carga. LA actividad la realizará un ingeniero electricista. y Participan : Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA ESP
A6.4	Con los datos obtenidos en campo y la información de consumo proveniente de las facturas emitidas por la empresa ASC INGENIERIA SA ESP, Comercializadora que atiende al RSA. La actividad la realizará un ingeniero electricista y participan : Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA ESP
A7.1	A cargo de un equipo técnico y económico conformado por un ingeniero electricista, un ingeniero mecánico y un economista, todos con experiencia relacionada y mediante el análisis de toda la información obtenida de los diseños electromecánicos, civiles y estudios de impacto ambiental. Comparación con



Universidad de Nariño



	información de casos exitosos y experiencia específica. Participan : Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA ESP
A7.2	Se consultarán proveedores reconocidos a nivel internacional, con base en diseños debidamente aprobados se calcularán cantidades y precios. Es necesario vincular a un ingeniero eléctrico y a un ingeniero Mecánico. Participantes: Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA ESP
A8.1	A cargo de un equipo técnico y económico conformado por un ingeniero electricista, un ingeniero mecánico y un economista, todos con experiencia relacionada y mediante el análisis de toda la información obtenida de los diseños electromecánicos, civiles y estudios de impacto ambiental. Participan : Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA
A8.2	El Ingeniero Electricista realizará cálculos con expresiones matemáticas que le permite relacionar variables del potencial calorífico del metano con el flujo de biogás disponible y la potencia eléctrica. A partir de esta información se proyectará la capacidad energética del RSA con promedios mensuales y anuales, descontando la energía consumida por el RSA y una proyección de autoconsumo. Participan : Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA
A8.3	Consultando valores promedio del kilovatio hora con proveedores a nivel nacional, a cargo de un ingeniero electricista con experiencia en demanda energética y facturación. Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA
A8.4	Consultando información relacionada con los agentes comercializadores de energía inscritos en el MEM, accediendo a información en XM SA ESP, administrador del mercado de energía, a cargo de un ingeniero electricista con experiencia en demanda energética y facturación. Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA
A8.5	Accediendo a la base de datos de la Comisión reguladora de energía y gas – CREG -, en donde se regula el sector eléctrico, y fuentes de información provenientes del Ministerio de minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética y el MEM. Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA
A9.1	Los resultados de este estudio estarán a cargo de un equipo técnico y económico conformado por un ingeniero electricista, un ingeniero mecánico y un economista, todos con experiencia relacionada, quienes se apoyarán en toda la información recopilada y el planteamiento de un esquema de negocios que satisfaga las expectativas de los participantes. Universidad de Nariño y ASC INGENIERIA SA
A9.2	Conclusiones derivadas de los informes finales de los profesionales involucrados. Universidad de Nariño.
A9.3	Participar en convocatorias públicas y privadas. Participan: Universidad de Nariño

Tabla.25. Metodología y Distribución de Responsabilidades



Universidad de Nariño



4.7. Indicadores de Objetivo General, de Producto y de Gestión

4.7.1. Indicadores que miden el Objetivo General

Indicador	Meta	Unidad de Medida
Investigaciones enfocadas a la caracterización físico química y energética del Biogás	1	Investigaciones/año
Toneladas de CH4 reducidas	1000	Toneladas CH4/Año
Kilovatios-hora generados	4	Gw-h/Año
Utilidades	\$ 400.000.000.00	\$/año
Proyectos productivos apoyados, para beneficio de las Vereda La Josefina	1	Proyectos/Año

Tabla.26. Indicadores del Objetivo General

4.7.2. Indicadores de producto, Objetivos Específicos

Producto	Indicador	Unidad	Fórmula	Meta	Año
1. Informe documentado con la proyección de biogás del RSA.	Documentos	Numero	Documentos/Año	2	4
	Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado,	Numero	Estudiantes apoyados	3	4
	Maestría y Doctorado	Numero	Programas/año	1	1
1.1 Herramienta informática publicada en la página del PERS-Nariño, que sirve para realizar proyecciones de biogás en rellenos sanitarios de Colombia.	Software generado	Numero	Programas/año		
2. Memorias de cálculo de la expresión matemática en la cual se relacionan las variables del potencial calorífico del metano con el flujo de biogás disponible.	Documento	Numero	Documentos/Año	2	4
	Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado	Numero	Estudiantes apoyados		4
3. Documento sobre los beneficios ambientales y el aprovechamiento del biogás como combustible para poner en funcionamiento un generador de	Documento ó Publicación	Numero	Documentos/Año	1	4
	Estudiantes apoyados a Nivel	Numero	Estudiantes apoyados	3	



Universidad de Nariño



energía eléctrica.	de Pregrado, Maestría y Doctorado	Numero	Equipos dotados/laboratorio	2	4
	Laboratorios Apoyados				4
	Documento ó Publicación	Numero	Documentos/Año	1	4
	Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado, Maestría y Doctorado	Numero	Estudiantes apoyados	3	4
	3.1 Documento con análisis de sostenibilidad y costo – beneficio del proyecto.				
4. Documento con estimaciones de la reducción de contaminación ambiental por efecto invernadero provocado por el metano.	Documento	Numero	Documentos/Año	1	4
	4.1 Cuadro comparativo de las equivalencias obtenidas por la reducción de emisiones de metano.	Numero	Estudiantes apoyados	1	4
5. Documento descriptivo con estudios básicos de infraestructura, equipos y tecnología necesaria para el tratamiento del biogás.	Documento con Diseños, Planos y memorias de cálculo	Numero	Documentos/Año	1	4
6. Documento descriptivo con estudios básicos de infraestructura, equipos y tecnología necesaria para generación de energía eléctrica utilizando biogás de relleno sanitario como combustible	Documento con Diseños, Planos y memorias de cálculo	Numero	Documentos/Año	1	4
6.1Memorias de cálculo de capacidad instalada y potencial de generación de energía eléctrica con el biogás del relleno sanitario	Documento con Diseños, Planos y memorias de cálculo	Numero	Documentos/Año	1	4



Universidad de Nariño



6.2 Estudio básico de obra eléctrica y civil para la subestación					
7. Estudio estimativo de los costos en que se incurrirían por la puesta en marcha del sistema de generación de energía y su respectivo AOM.	Documento evaluativo de presupuesto incluye precios, cantidades cotizaciones	Número	Documentos/Año	1	4
8. Informe sobre la viabilidad técnica y económica del proyecto	Documento descriptivo que incluya análisis técnico y económico	Número	Documentos/Año	2	4
8.1 Documento descriptivo sobre el modelo de negocios propuesto	Documento con esquema de negocios y alianzas propuestas	Número	Documentos/Año	2	4
9. Estudio de ingeniería básica, inicialmente en fase II, para la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica aprovechando el biogás del RSA del municipio de Pasto	Documento con Diseños, Planos y memorias de cálculo	Número	Documentos/Año	1	4
9.1 Publicación de un resumen ejecutivo del proyecto en un web site, de acceso público.	Estudiantes de pregrado apoyados	Número	Estudiantes Apoyados	3	4
	Artículo	Número	Artículos/año	2	4

4.7.3. Indicadores de Gestión

Indicador	Unidad	Fórmula	Meta	Año
Alianza publico Privada	Numero	Alianzas/Año	1	2
Convenio de cooperación	Numero	Convenios/Año	1	2
Propuestas presentadas	Número	recursos/propuesta	\$3.000.000.0000	2
Proyectos de Investigación	Numero	Proyectos /Año	4	2
Ponencias	Numero	Ponencias/Año	4	2
Capacitaciones	Personas	Personas capacitadas/año	20	2

Tabla.27. Indicadores de gestión



Universidad de Nariño



4.8. Fuentes de Verificación y Supuestos

4.8.1. Fuentes de verificación y supuestos para actividades, Objetivo Específico

Código de Actividad	Actividad	Fuentes de Verificación	Supuestos
A1.1	Recopilación de información secundaria sobre composición de biogás.	Documento síntesis de resultados recogidos	Disponibilidad baja de información
A1.2	Recopilación de datos estadísticos sobre cantidades de residuos sólidos dispuestos en el RSA		
A1.3	Análisis de las variables necesarias para diligenciar la herramienta informática		
A2.1	Identificar la expresión matemática y las variables relevantes para los cálculos.	Modelación matemática	Inexistencia de datos de primera fuente
A3.1	Recopilación de datos técnicos e información sobre el funcionamiento de la planta de extracción de gases.	Manual de equipos de la planta	Insuficiente profundidad y detalle proporcionado por el fabricante Información insuficiente en terreno Reserva de la información
A3.2	Estimación de impactos ambientales, de aprovechamiento del biogás y reducción de emisiones.	Estudio del impacto ambiental	
A3.3	Estimación de los ingresos obtenidos por la utilización de biogás extraído por la planta	Informes financieros	
A4.1	Análisis de información secundaria sobre cantidades de metano arrojadas al ambiente en el RSA	Datos de monitoreo	Periodos no monitoreados por daño en el sistema de recopilación
A4.2	Identificación de equivalencias ambientales	Bases de datos	Falla en el equipo de monitoreo
A5.1	Análisis de la composición físico química del biogás y la presencia de contaminantes	Análisis de laboratorio obtenidos	Incapacidad técnica para la medición en los laboratorios nacionales para determinar los



Universidad de Nariño



A5.2	Análisis de la tecnología instalada en el RSA para la extracción y combustión de Biogás	Cotizaciones e información técnica suministrada por las empresas	diferentes componentes del biogás Acceso difícil a los proveedores e información incompleta
A5.3	Análisis de la tecnología necesaria para el proceso de lavado, filtrado y descontaminación del biogás. (siloxanos)	Estudio de las opciones existentes aplicables al proyecto	Información escasa
A6.1	Recopilación de información de tecnología apropiada para generación de energía eléctrica y su inyección a la red de distribución local	Bases de datos obtenidos del equipo de medición de energía	Fallas en los equipos de medida
A6.2	Análisis de costos de equipos e infraestructura necesaria	Diseños y cotizaciones	Ausencia de proveedores idóneos
A6.3	Levantamiento de información en campo sobre el estado actual de las redes eléctricas del relleno sanitario y la Vereda la Josefina		Altos costos de los expertos que deben contratarse
A6.4	Determinar la demanda de energía eléctrica en el RSA y en la vereda la Josefina	Informe del estudio de demanda y el censo de carga, datos obtenidos del equipo analizador de redes	Acceso difícil a la zona de estudio e inseguridad en la instalación del equipo de medida
A7.1	Recopilación y análisis de información sobre costos generales de la puesta en marcha y operación de un sistema de generación de energía utilizando biogás de relleno sanitario	Documentos que relacionen, diseños, presupuestos, cotizaciones	Acceso difícil a los proveedores e información incompleta
A7.2	Cotizar equipos de generación y tratamiento del biogás con proveedor reconocido a nivel internacional		
A8.1	Elaboración de un presupuesto	Documento con	Acceso difícil a los



Universidad de Nariño



	general para la implementación del sistema de generación con biogás del RSA	información de los gastos y cotizaciones del sistema.	proveedores e información incompleta
A8.2	Determinación de la cantidad de energía a generarse y excedentes para venta	Documento con memorias de cálculo.	Información escasa
A8.3	Análisis de costos del precio promedio del kilovatio – hora	Estudio del mercado del precio promedio del kilovatio – hora.	Desactualización de la información necesaria.
A8.4	Recopilación de información sobre los posibles agentes del mercado de energía mayorista con los cuales se podría tranzar la energía y definición del tipo de contrato a realizarse	Análisis de los posibles agentes del mercado mayorista.	Falta de información primaria
A8.5	Recopilación de información sobre el marco regulatorio nacional acerca de la energías renovables no convencionales	Documento con la normatividad existente.	Información escasa.
A9.1	Analizar la viabilidad operativa, técnica y económica de un sistema de generación de energía eléctrica en el RSA.	Estudio de viabilidad técnica y operativa	Inadecuadas proyecciones
A9.2	Utilizar información secundaria, experiencia profesional, apoyo investigativo de la Universidad de Nariño y entidades relacionadas con el sector energético y el de servicios	Documento con la recopilación de toda la información.	Información escasa
A9.3	Canalizar recursos provenientes de fondos y/o entidades estatales hacia los grupos de investigación	Documento con justificación de futuras investigaciones.	Ausencia de investigación en el área.

Tabla.28. Fuentes de verificación y supuestos para actividades, Objetivo Específico



Universidad de Nariño



4.8.2. Fuentes de verificación y supuestos para productos, Objetivos Específicos

Producto	Indicador	Fuentes de Verificación	Supuestos
1. Informe documentado con la proyección de biogás del RSA.	Documentos	Documento síntesis de resultados recogidos	Información no disponible
	Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado, Maestría y Doctorado	Certificado de estudios	
1.1 Herramienta informática publicada en la página del PERS-Nariño, que sirve para realizar proyecciones de biogás en rellenos sanitarios de Colombia.	Software generado	Hojas de resultados del software	Escases de programas académicos acreditados y relacionados con el tema Costos elevados de las licencias
2. Memorias de cálculo de la expresión matemática en la cual se relacionan las variables del potencial calorífico del metano con el flujo de biogás disponible.	Documento	Algoritmo de cálculo	Información no disponible.
	Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado		
3. Documento sobre los beneficios ambientales y el aprovechamiento del biogás como combustible para poner en funcionamiento un generador de energía eléctrica.	Documento ó Publicación.	Manual de equipos de la planta	Equipos no disponibles o costos elevados
	Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado, Maestría y Doctorado	Estudio del impacto ambiental Informes financieros	
	Laboratorios Apoyados	Actas de entrega de los equipos	
	Documento ó Publicación		
3.1 Documento con análisis de sostenibilidad y costo – beneficio del proyecto.	Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado, Maestría y Doctorado		
4. Documento con	Documento	Datos de monitoreo de	



Universidad de Nariño



estimaciones de la reducción de contaminación ambiental por efecto invernadero provocado por el metano. 4.1 Cuadro comparativo de las equivalencias obtenidas por la reducción de emisiones de metano.	Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado	equipos Bases de datos	
5. Documento descriptivo con estudios básicos de infraestructura, equipos y tecnología necesaria para el tratamiento del biogás.	Documento Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado y Maestría.	Análisis de laboratorio obtenidos Certificados de estudio. Cotizaciones e información técnica suministrada por las empresas Estudio de las opciones existentes aplicables al proyecto	Equipos no disponibles Información no disponible Escases de programas académicos acreditados y relacionados con el tema
6. Documento descriptivo con estudios básicos de infraestructura, equipos y tecnología necesaria para generación de energía eléctrica utilizando biogás de relleno sanitario como combustible 6.1Memorias de cálculo de capacidad instalada y potencial de generación de energía eléctrica con el biogás del relleno sanitario 6.2Estudio básico de obra eléctrica y civil para la subestación	Documento ó Publicación Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado, Maestría Tesis de maestría	Documento síntesis de resultados recogidos que incluya Diseños , Planos, memorias Certificados de estudio Informe final	Información no disponible Escases de programas académicos acreditados y relacionados con el tema Insuficiencia de recursos
7. Estudio estimativo de los costos en que se incurrirían por la puesta en marcha del sistema de generación de energía y su respectivo AOM.	Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado.	Certificados de estudio	Escases de programas académicos relacionados



Universidad de Nariño



8. Informe sobre la viabilidad técnica y económica del proyecto 8.1 Documento descriptivo sobre el modelo de negocios propuesto	Documento ó Publicación.	Documento síntesis de resultados recopilados.	Información no disponible.
9. Estudio de ingeniería básica, inicialmente en fase II, para la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica aprovechando el biogás del RSA del municipio de Pasto 9.1 Publicación de un resumen ejecutivo del proyecto en un web site, de acceso público.	Documento o publicación. Estudiantes apoyados a Nivel de Pregrado y Maestría	Documentos del estudio de fase II Certificados de estudio	Información no disponible. Escases de programas académicos relacionados

Tabla.29. Fuentes de verificación y supuestos para productos, Objetivos Específicos

4.9. Bienes y/o Servicios

CUANTIFICACION Y VALORACION DE SERVICIOS

Algunos de los beneficios esperados como consecuencia o efecto de la puesta en marcha de una próxima etapa de investigación tendiente a evaluar la implementación de un sistema de generación aprovechando el Biogás de relleno sanitario en el RSA del municipio de Pasto, podrían ser:

1. Generación de Beneficios por Profesionales capacitados
2. Generación de servicio de Capacitaciones
3. Generación de servicios de Asesorías Técnicas
4. Generación de servicios de Formulación de proyectos y planes de negocios
5. Generación de Software
6. Generación de servicio de Equipos de análisis de laboratorios
7. Generación de Programas profesionales de formación (Maestría)



Universidad de Nariño



Estos beneficios o servicios generados, enmarcados dentro de los lineamientos del DNP, se podrían resumir en tres grandes grupos:

4.9.1. Beneficios por generación de mano de obra calificada

La puesta en marcha de la iniciativa planteada dentro de este proyecto de factibilidad, que en resumen propende por la generación de mayor conocimiento específico, indudablemente ocasionaría una incidencia directa en procesos de formación de profesionales, pues, como se describe en el presupuesto general, los diseños y estudios técnicos estarían a cargo de personal idóneo como estudiantes de pregrado, maestría y doctorado quienes se verían beneficiados por el aumento en sus ingresos como futuros egresados y con un mayor nivel de formación.

4.9.2. Beneficios por generación de empleo

La puesta en marcha de este proyecto, en sus diversas fases de estudio e implementación definitiva requiere la vinculación de profesionales de diversas áreas: Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil, Química, Arquitectura, Economía, Administración de empresas, y otras áreas del conocimiento, quienes en sus diferentes niveles de formación académica, deberán participar en los procesos de selección para ser contratados.

Las asignaciones salariales del personal contratado deberán ser coherentes con las tablas estipuladas en la metodología DNP para el tipo de convocatoria en la cual se pretenda participar.

4.9.3. Beneficios por aumento en la búsqueda y procesamiento de la información

Para justificar la implementación y puesta en marcha de un sistema de generación de energía utilizando el biogas del Relleno Sanitario Antanas, se requiere la elaboración de estudios con mayor profundidad y datos más determinantes, es decir, estudios específicos con ingeniería de detalle que conlleven a una FACTIBILIDAD (fase III).

Los estudios conducentes a este nivel de profundidad en investigación, serán: Diseños electromecánicos, Diseños Arquitectónicos y de obras civiles, Estudios de eficiencia de los equipos y procedimientos del sistema de captación, filtrado, descontaminación inyección, generación, transformación, control, medición e inyección a la red local, igualmente, estudios que permitan evaluar la factibilidad económica, ambiental y social apoyada en un esquema empresarial de sostenibilidad coherente con el nivel de interés de los Participantes y beneficiarios.

4.10. Beneficios e Ingresos

Con el desarrollo de la alternativa propuesta y el cumplimiento de los productos, se generaran beneficios en el contexto social, ambiental y económico a las dos principales áreas de influencia, en este caso el Relleno Sanitario Antanas y la vereda La Josefina. Uno de los beneficios es el incremento de la capacidad de generación de energía eléctrica utilizando biogás como combustible, con lo que se podrá autoabastecer la red eléctrica del RSA e inyectar al fluido eléctrico de la Vereda La Josefina el excedente no consumido en el RSA, disminuyendo así las intermitencias en el servicio de energía eléctrica en estas zonas, al mismo tiempo el RSA será reconocido a nivel nacional como uno de los pocos lugares de disposición final de residuos sólidos más tecnológicos e innovadores, dando ejemplo para replicar este modelo en otros rellenos sanitarios y demostrando la excelente gestión en la administración del lugar; dentro de la Vereda la Josefina no se verán interrumpidas las diferentes actividades y procesos que funcionan con energía eléctrica por la constante intermitencia del fluido eléctrico.

Otros de los grandes beneficios que se alcanzaran es la disponibilidad de nuevos servicios de laboratorios especializados en los centros universitarios del municipio de Pasto, para satisfacer la necesidad de estudios que conlleven a mejores caracterizaciones del biogás del RSA e incentivar la investigación para la optimización del sistema de generación de energía eléctrica a partir del biogás. Estos laboratorios evitarán el desplazamiento de los investigadores a otros centros de análisis minimizando posibles errores en los resultados por el transporte de las muestras y costos por las diversas pruebas.

El conocimiento específico en el campo de energías alternativas proporcionará soluciones amigables con el medio ambiente a través de nuevos grupos de investigación formados en la región, quienes serán capaces de capacitar y concienciar a los trabajadores del RSA, los habitantes de la vereda La Josefina y a otras poblaciones, sobre los beneficios del aprovechamiento del biogás como combustible, como también de las diversas fuentes existentes que podrían ser utilizadas como fuentes de energía eléctrica.

Además con este beneficio se lograra ser pioneros en el país en el área de energía alternativas no convencionales para ser tenidos en cuenta en aspectos muy relevantes como lo son las consultorías, convocatorias y generación de nuevos proyectos.

El beneficio ambiental más importante es la conversión de un gas de efecto invernadero a uno de menor impacto, mitigando la contaminación al medio ambiente por medio de la reducción de emisiones de gas metano como principal factor del efecto invernadero y el riesgo de enfermedades en el personal del RSA por este tipo de emisiones también disminuirán considerablemente.

4.11. Horizonte del Proyecto

Como se mencionó anteriormente, en el RSA se tienen proyectados dos sectores para disposición de residuos; el Vaso II es el que se encuentra en operación desde al año 2009 con una capacidad de

almacenamiento de 1.632.547 m³, la vida útil de este vaso es de 16 años. También se tiene proyectado para el Vaso III una capacidad de almacenamiento de 1.235.024 m³ con una vida útil de 12 años, con lo que se estima una operación continua del RSA hasta el año 2037.

Con esta información se aplicaron dos metodologías para proyectar las cantidades de biogás disponible y consecuentemente el potencial energético. Queda claro entonces que el horizonte de proyecto de generación de energía eléctrica aprovechando el biogás del RSA, es de aproximadamente 24 años, periodo en el cual se encuentra incluido el tiempo necesario para la implementación y puesta en marcha del sistema de generación, el cual, en condiciones normales no debería tardar más de dos años, incluyendo los estudios de FACTIBILIDAD.

4.12. Impactos Esperados

Impacto ambientales y de la sociedad	Indicador verificable
Reducción de las emisiones de Ch4	Toneladas de metano anuales
Mejores condiciones operativas del manejo del biogás en el relleno sanitario	Caudal de biogás (m3)
Afecciones humanas	Disminución de la Ausencia laboral
Mejores condiciones operativas del manejo del biogás en el relleno sanitario	Caudal de biogás (m3)
Aprovechamiento del poder calorífico de los residuos sólidos	Capacidad instalada
Beneficios de grupos de interés	Proyectos productivos generados. Utilidades del proyecto Reducción de costos energéticos en procesos operativos del relleno

Impactos sobre la productividad y competitividad de la entidad	Indicador verificable
Empleo generado	Número de personas contratadas para la ejecución del proyecto.
Desarrollo tecnológico de proveedores	Capacidad de energía generada con alternativa.
Afecciones humanas	Ausencia laboral
Mejores condiciones operativas del manejo del biogás en el relleno sanitario	Caudal de biogás (m3)
Aprovechamiento del poder calorífico de los residuos sólidos	Capacidad instalada
Beneficios de grupos de interés	Proyectos productivos generados. Utilidades del proyecto



Universidad de Nariño



• Impactos científicos y tecnológicos del proyecto en las entidades participantes:	Indicador verificable
Formación de nuevos investigadores	Número de proyectos de tesis que se enfoquen en el tema de proyecto
Viabilidad del modelo de generación de energía eléctrica a partir del biogás.	Documento de investigación.

Tabla.30. Impactos esperados

4.13. Efectos Ambientales

Los gases generados a partir de la descomposición de los residuos sólidos se constituye como uno de los problemas ambientales que afecta en magnitud a las comunidades aledañas a los sitios de disposición final, es por esto que la implementación de proyectos de generación eléctrica a partir del biogás en los rellenos sanitarios, representa una gran alternativa para la mitigación de las emisiones de gas metano a la atmosfera, siendo uno de los gases de efecto invernadero más contaminantes, que en proporción equivale a 21 toneladas de dióxido de carbono.

Por tal razón se describen a continuación los diferentes tipos de impactos que se identifican, utilizando la matriz de causa y efecto que consiste en una tabla de doble entrada, en la cual en la primera columna se indica las actividades o acciones del proyecto y en cada una de las otras columnas se indica los factores ambientales que pueden ser afectados por la acción respectiva y las medidas de mitigación.

De esta forma, en la intersección de una fila de la primera columna (acciones) con una de las otras columnas (factores ambientales), se puede indicar, según el caso, algunas de las siguientes características cualitativas de un impacto ambiental.

Los factores ambientales que se consideran en las Matrices Causa - Efecto Específicas, son los siguientes:

- Factores Físicos: Aire (calidad), suelo (uso y calidad), agua (cantidad y calidad).
- Factores Biológicos: Flora y Fauna (número de especies diferentes, de cada especie y en algún estado de peligro).
- Factores Preceptuales: Paisaje (calidad, visibilidad, fragilidad), Socio-Económicos (nivel), Histórico - Culturales (Existencia de Monumentos Nacionales, Zonas Protegidas, característica cultural específica).
- Nomenclatura a Utilizar

La importancia del impacto estará caracterizada por el color de la celda, según la siguiente clasificación,



- Impacto negativo importante ROJO
- Impacto positivo VERDE 
- Magnitud:

- 1 a 2 no se aprecia;
- 3 a 4 : se aprecia pero es baja;
- 5 a 6 : requiere analizar y considerar medidas de mitigación;
- Mayor a 7: puede significar conflictos en el desarrollo del proyecto y requiere de análisis o estudios más detallados.

Tiempo:

- Temporal (T) si la duración está dentro del período de construcción;
- Permanente (P) si el impacto es durante la operación.

Según el decreto 2028 de 2010, el artículo 8 nombra los proyectos que requieren licencia ambiental y los requerimientos de acuerdo a las especificaciones de generación eléctrica a partir de energía alternativa así.



Universidad de Nariño

INGEN^{ERÍA}
ELECTRÓNICA



IPSE
Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

Etapas (Actividad)	Componente y aspecto ambiental		Posibles impactos ambientales identificados	Medida de mitigación
	Componente	Aspectos		
Construcción	Atmosfera	Calidad sonora	Se podrá percibir alteraciones en los niveles de ruido por la operación de los vehículos y maquinaria durante el acondicionamiento de las obras civiles para la construcción del cuarto de maquinas. 3(T)	- Controlar la velocidad de los vehículos. - Revisar las condiciones de los equipos utilizados en la construcción de la obra.
		Calidad de aire	Emisiones de gases y de material particulado. 4(T)	- Humedecer la superficie a construir para evitar partículas suspendidas. - Se utilizara elementos como cal para el control de olores durante la instalación de la tubería y se realizara la actividad en el menor tiempo posible. - Cobertura de residuos con polietileno.
	Suelo	Alteración de la calidad del suelo	Derrames accidentales de aceites, combustibles o grasas.4(T)	Cubrir las zonas trabajo con material de polietileno
	Abiótico	Materiales de construcción.	Generación de residuos de construcción.4(T)	Los escombros sobrantes se los retirara y se los depositara, en los sitios autorizados de disposición final.
	Biótico	Cobertura vegetal	Afectación de la cobertura vegetal 3(T)	Evitar el paso de maquinaria sobre suelo con cobertura

				vegetal fuera del área de la obra. Restaurar las zonas verdes de tal forma que las condiciones sean iguales o mejores a las existentes antes de ejecutar la obra.
	Social	Empleo	Contratación de mano de obra no calificada. veredas	Recurrir a la contratación de personas aledañas al relleno sanitario.

Tabla.31. Efecto ambiental en la etapa de construcción

Etapa (Actividad)	Componente y aspecto ambiental		Posibles impactos ambientales identificados	Medida de mitigación
	Componente	Aspectos		
Operación	Atmosfera	Calidad sonora	Generación de ruido en la operación del sistema de generación de energía. 4(T)	- La maquinaria utilizada para esta actividad deberá mantenerse en las mejores condiciones. - Aislamiento de las paredes del cuarto de maquinas.
		Calidad de aire	Disminución de la emisión de gases de efecto invernadero.. 4(p)	- Sistema de extracción minimiza los riesgos de explosividad en la zona y reducción de olores. - Ayuda a mejorar la calidad del aire mediante la mitigación de emisiones a la atmosfera.

	Suelo	Calidad del suelo.	Derrames accidentales de aceites, combustible 2(T)	Realizar las operaciones de mantenimiento de equipos si se requiere sobre un polietileno.
	Agua	Calidad del agua	Generación de condensados del biogás en la red de tuberías. 3(T)	Durante la operación de la planta se instalan puntos de evacuación que se conectan con el sistema de tratamiento del relleno sanitario.
	Abiótico	Residuos sólidos	Aprovechamiento del poder calorífico 4(P)	Generación eléctrica para el autoabastecimiento del sector e implementación de nuevas tecnologías.
	Social	Empleo	Contratación de mano de obra calificada y no calificada. 4(T)	Se requerirá la participación de personal calificado para el manejo de equipos y seguimiento del proyecto.
		Salud	Disminución de las afecciones respiratorias.4(P)	Disminuye el ausentismo laboral.
		Económico	Generación eléctrica.4(T)	Reducción del consumo de energía y costos económicos para el manejo operativo del relleno.

Tabla.32. Efecto ambiental en la etapa de operación

Etapas (Actividad)	Componente y aspecto ambiental		Posibles impactos ambientales identificados	Medida de mitigación
	Componente	Aspectos		
Abandono del proyecto	Atmosfera	Calidad sonora	Generación de ruido por desmontaje de equipos y obras civiles. 3(T)	Control de mantenimiento de equipos.
		Calidad de aire	Generación de material particulado. 3(T)	Humedecer las zonas de desmantelamiento para control del polvo.
	Suelo	Calidad del suelo.	Acondicionamiento final y rehabilitación de los desmontes 4 (T)	Revegetación de la zona impactada.
	Abiótico	Residuos sólidos	Los escombros originados en la demolición 2 (T)	clasificar los restos de material de construcción que deberán ser trasladados hacia el Relleno Sanitario o a un lugar autorizado por la municipalidad correspondiente.
	Social	Empleo	Contratación de mano de obra calificada y no calificada. 4(T)	Capacitar y monitorear las labores de limpieza y restablecimiento de la zona impactada.

Tabla.33. Efecto ambiental en la etapa de abandono del proyecto

La mayoría de los impactos negativos que se generan en la etapa de construcción, operación y abandono del proyecto son en magnitud baja y transitoria, considerando que se aprovecharía la planta de extracción ya instalada y las redes de distribución de energía; de igual forma se hace necesario seguir las medidas de mitigación planteadas para cada actividad, con el fin de evitar mayor incidencia en la implementación del proyecto.



Universidad de Nariño



Los impactos positivos se centran en los componentes atmosfera, abiótico y social, considerando que para el manejo operativo del relleno la implementación de la alternativa de generación, se convierte en una gran herramienta en cuanto a beneficios ambientales y económicos se refiere.

- En el sector eléctrico:

1. La construcción y operación de Centrales generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW;
2. Los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes con capacidad instalada superior a 3MW;
3. El tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 KV.

Es importante tener presente que si se llegase a afectar recursos naturales renovables a causa de la intervención del proyecto se deben expedir los permisos correspondientes.

4.14. Análisis de Riesgos

DESCRIPCION DEL RIESGO	PROBABILIDAD (FRECUENTE, OCASIONAL, POCO PROBABLE, PROBABLE, REMOTO)	EFFECTOS	IMPACTO (MUY ALTO, ALTO, MODERADO, BAJO, MUY BAJO)	MEDIDA DE MITIGACION
Disponibilidad baja de información	Probable	Los datos obtenidos no son determinantes	Alto	Uso de información secundaria Uso de asesorías
Inexistencia de datos de primera fuente	Probable	Los datos obtenidos no son determinantes	Alto	Uso de información secundaria Uso de asesorías
Insuficiente profundidad y detalle proporcionado por el fabricante	Poco probable	Dificultad en el estudio técnico	Alto	Uso de información secundaria Contratar asesorías externas
Información				



Universidad de Nariño



insuficiente en terreno	Poco probable	Los datos obtenidos no son determinantes	Alto	Uso de información secundaria
Reserva de la información				
Periodos no monitoreados por daño en el sistema de recopilación	Frecuente	Baja consolidación de la base de datos	Alto	Utilización de equipos de respaldo.
Falla en el equipo de monitoreo	Probable	Los datos obtenidos no son determinantes	Alto	
Incapacidad técnica para la medición en los laboratorios nacionales para determinar los diferentes componentes del biogás	POCO PROBABLE	Los datos obtenidos no son determinantes	Alto	Utilización de equipos de respaldo.
Acceso difícil a los proveedores e información incompleta	PROBABLE	Dificultad en el estudio técnico	Alto	Uso de información secundaria
Información escasa	PROBABLE	Los datos obtenidos no son determinantes	Alto	
Fallas en los equipos de medida	PROBABLE		Alto	Utilización de equipos de respaldo y seguridad a estos Uso de información secundaria
Acceso difícil a la zona de estudio e inseguridad en la instalación del equipo de medida	PROBABLE	Dificultad en el estudio técnico y baja información de monitoreo	Alto	



Universidad de Nariño



Información no disponible	PROBABLE	Los datos obtenidos no son determinantes	Alto	Uso de información secundaria
Equipos no disponibles o costos elevados	PROBABLE	Dificultad en el estudio técnico	Alto	Utilización de equipos de respaldo

Tabla.34. Análisis de riesgos

4.15. Análisis de Sostenibilidad

En cualquier proyecto productivo o esquema de negocios, garantizar que el bien a producirse tendrá un elevado nivel de demanda en la región de influencia, es un muy buen indicador de que el proyecto como tal será sostenible, esto, aunado a buenos precios, estabilidad del mercado y una adecuada organización empresarial augura un proyecto exitoso, generador de confianza inversionista.

Para el caso en estudio, se parte de un esquema de negocios apoyado en una alianza público privada (APP) gestora de una empresa de economía mixta, cuyos participantes realizarían diversos tipos de aportes con el fin de poner en marcha la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica.

En este esquema, el fin principal es generar la mayor cantidad de energía eléctrica mensualmente, cuya unidad de medida es el kilovatio hora, de tal manera que la cantidad mensual de kilovatios hora generados, además, de entregar interesantes utilidades a la empresa, deberá ser suficiente para suplir, entre otros, principalmente costos de:

- Administración, Operación y Mantenimiento que requiera todo el sistema de generación.
- Costos financieros para cubrir créditos adquiridos, si los hubiere
- El régimen de impuestos aplicable a nivel local, regional y nacional
- Transferencia de recursos al fondo Comunitario de apoyo a Proyectos Productivos implementado para la comunidad de la Vereda Las Josefina
- Estudios de Investigación aplicada a la expansión y mejoramiento del bien ofrecido
- Imprevistos

Es importante aclarar en esta parte que, dada la actual estructura del Mercado de Energía Mayorista (MEM) en el cual solamente pueden participar los Agentes: Generador, Transportador, Distribuidor (Operador de Red) y Comercializador, quienes interactúan por medio del Administrador del Mercado llamado XM SA ESP, entidad esta, ante la cual se deben registrar los Contratos de Largo Plazo entre agentes, y dado, que adquirir la condición de agente Generador o Comercializador conlleva un proceso para nada sencillo, por el contrario, cada vez más complejo, sobre todo desde el punto de vista



Universidad de Nariño



económico dadas las ultimas regulaciones emitidas por la CREG (cálculo de las variables CROM) y la puesta en marcha del Mercado Operativo Regulado (MOR), pretendiendo ocasionar menos inestabilidad en el mercado energético y sobre todo disminuir la exposición a bolsa de los agentes participantes, lo más conveniente para vender la energía generada sería mediante un CONTRATO DE REPRESENTACIÓN con un agente Comercializador del Mercado, de una trayectoria reconocida y certificable. Esta figura está totalmente regulada en el MEM, y, es mediante este tipo de contrato que muchas empresas nacionales que en algún momento vieron en la generación una oportunidad de negocio han procedido para poner en marcha sus proyectos de generación de energía eléctrica, sin convertirse en agente del mercado y acarrear con todas las obligaciones que esto conlleva.

El contrato de representación consiste en la venta de una parte o la totalidad de la energía generada, hecho que depende de la voluntad y conveniencia del generador de trazar la energía con uno o varios agentes comercializadores, a un precio mutuamente acordado, por un periodo de tiempo preferiblemente largo: 5, 10, 15 ó 20 años, en los cuales el valor pactado del kilovatio hora se indexaría mensualmente de acuerdo al IPP oficial publicado por el DANE.

En el tabla 38 adjunto se describen claramente las proyecciones de cantidades de energía a generarse, las necesidades energéticas del RSA incluyendo una demanda a futuro y por supuesto, los excedentes energéticos esperados, que son finalmente el bien

SIMULACION FINANCIERA DE ALTERNATIVAS			
	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3
CAPACIDAD INSTALADA (GW)	0.70	1.00	1.50
CAPACIDAD EFECTIVA(GW) MSNM EN PASTO	0.56	0.80	1.20
COSTO INSTALACION PROMEDIO (US \$/MW)	2,055,000.00	1,916,268.20	1,670,000.00
T.R.M.	1,850.00	1,850.00	1,850.00
COSTO SISTEMA DE GENERACION BIOGAS	2,665,026,750.00	3,545,096,172.84	4,634,250,000.00
DIAS FUNCIONAMIENTO AL MES	28.00	28.00	28.00
ENERGIA GENERADA AL MES (kW-h/mes)	376,857.60	537,600.00	806,400.00
AUTOCONSUMO (kW-h/mes)	27,848.00	27,848.00	27,848.00
ENERGIA DISPONIBLE AL MES PARA VENTA (kW-h/mes)	349,009.60	509,752.00	778,552.00
PRECIO VENTA ENERGIA (\$/kW-h)	133.00	133.00	133.00
INGRESOS AL MES POR VENTA DE ENERGIA	46,418,276.80	67,797,016.00	103,547,416.00
COSTOS AOM AL MES (\$35,57/KW-H)	13,406,332.26	19,124,582.40	28,686,873.60
EBITDA	33,011,944.54	48,672,433.60	74,860,542.40
MARGEN OPERACIONAL EBITDA	71.12%	71.79%	72.30%
IMPUESTOS (\$25,35/KW-H)	9,555,789.73	13,631,654.40	20,447,481.60
UTILIDAD NETA SIN FINANCIACION	23,456,154.80	35,040,779.20	54,413,060.80
RECUPERACION DE LA INVERSION (AÑOS)	6.73	6.07	5.16
TRANSFERENCIA VIDA UTIL PROYECTO (AÑOS)	24.00	24.00	24.00
SERVICIO DE LA DEUDA 100% DE LA INVERSION (I=1%, N=120)	-\$38,235,391.53	-\$50,861,831.01	-\$66,488,024.26
UTILIDAD NETA CON FINANCIACION 100%	-\$14,779,236.73	-\$15,821,051.81	-\$12,074,963.46
SERVICIO DE LA DEUDA 50% DE LA INVERSION (I=1%, N=120)	-\$19,117,695.77	-\$25,430,915.50	-\$33,244,012.13
UTILIDAD NETA CON FINANCIACION PARCIAL 50%	\$4,338,459.04	\$9,609,863.70	\$21,169,048.67
SERVICIO DE LA DEUDA 75% DE LA INVERSION (I=1%, N=120)	-\$28,676,543.65	-\$38,146,373.25	-\$49,866,018.20
UTILIDAD NETA CON FINANCIACION PARCIAL 75%	-\$5,220,388.85	-\$3,105,594.06	\$4,547,042.60

producido que se debe vender.

Tabla.35. Simulación financiera de alternativas

El contrato de representación asegura una demanda continua, hecho que sin lugar a duda garantiza la venta de la energía generada y otorga de inmediato un alto nivel de confianza inversionista, por supuesto, sí la generación mensual se comporta de acuerdo a lo proyectado el proyecto es técnica y económicamente sostenible, pues los ingresos generados mes a mes satisfacen las necesidades planteadas.

Del análisis descrito en la tabla 38, se puede concluir principalmente que el proyecto presenta un margen operacional EBITDA muy interesante para los tres casos, sin embargo, cobra mucha importancia la posibilidad de financiar el 50% de la inversión, ya que, para los tres casos el proyecto entregaría utilidades desde el primer mes de operación después de pagar el servicio de la deuda.

para el caso específico del RSA, en donde, las estimaciones tienden a la instalación de un generador de 1,0 MW, la utilidad neta a partir del primer mes de operación es de aproximadamente 9,6 millones de pesos y la recuperación total de la inversión se realizaría aproximadamente en 6 años, lo cual significa un horizonte de percepción de utilidades sin deuda de aproximadamente 35 millones de pesos mensuales, valor que le agrega interés al proyecto dado el alto beneficio social y ambiental para la región.

Como hecho real y práctico que justifica el interés y da certeza sobre la venta de la energía generada, afianzando la sostenibilidad del proyecto, se adjunta a este documento carta de intención del Agente Comercializador privado más importante de Nariño: ASC INGENIERIA SA ESP, en la cual expresa su interés de comprar la energía que se pueda generar aprovechando el biogás del RSA, pues dentro sus políticas empresariales apuntan a gestionar la compra y venta de energía proveniente de tecnologías renovables, alternativas y no convencionales como una contribución al mejoramiento del medio ambiente.

La estrategia para vender la energía producida, se debe enfocar principalmente en:

- Garantizar la continuidad de la prestación del servicio
- Precios competitivos del kilovatio hora generado
- Beneficios ambientales por la combustión del metano
- Beneficios sociales a la comunidad de la Vereda La Josefina

Para minimizar los efectos negativos ocasionados a causa de la interrupción del proceso de generación y se vean afectados los ingresos del proyecto, el contrato de representación acordado se debería realizar bajo la modalidad PAGUE LO GENERADO, así, cualquier cantidad de energía que se genere sería comprada por el agente Comercializador.

4.16. Cronograma

Ver tabla de cronograma de actividades en Anexo



Universidad de Nariño

INGEN^{ERÍA}
ELECTRÓNICA



IPSE
Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

4.17. Presupuesto del Proyecto de sistema de generación con Biogas en el RSA

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
"IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GENERACION DE ENERGÍA ELECTRICA					
APROVECHANDO EL BIOGAS DEL RELLENO SANITARIO ANTANAA DEL MUNICIPIO DE PASTO"					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR/UNITARIO	VR/TOTAL
1	ESTUDIO DETALLADO DE ANALISIS DEL BIOGÁS A PARTIR DE CROMATOGRAFÍAS REALIZADAS EN LABORATORIO CERTIFICADO	GLB	1	40,000,000.00	40,000,000.00
2	ESTUDIO DETALLADO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL RELLENO SANITARIO	GLB	1	30,000,000.00	30,000,000.00
3	DISEÑO SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DE POZOS Y CONDUCCIÓN DEL BIOGAS POR MEDIO DE TUBERIA EXISTENTE Y PROYECTADA, INCLUYE: TENDIDO DE DUCTOS DE EXTRACCIÓN, SISTEMA DE LAVADO Y DESCONTAMINACIÓN, CONDENSADO Y ALIMENTACIÓN AL GENERADOR DE ENERGÍA	GLB	1	35,000,000.00	35,000,000.00
4	DISEÑO Y CALCULO DE OBRAS CIVILES, INCLUYE: SALA DE CONTROL, CUARTO DE MÁQUINAS, PATIO DE SUBESTACIÓN	GLB	1	45,000,000.00	45,000,000.00
5	DISEÑO Y CALCULO DE SUBESTACION ELECTRICA, INCLUYE: GENERADOR, TRANSFORMADOR ELEVADOR, EQUIPOS DE CONTROL, EQUIPOS DE SINCRONISMO, EQUIPO DE MEDICION DE ENERGIA CLASE 0.2 S DOBLE DIRECCIÓN Y TELEMEDICIÓN, PROTECCIONES EN MEDIA TENSIÓN, PORTICO DE SALIDA, INTERCONEXIÓN A LA RED LOCAL, SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA GENERADOR LOCAL - RED ELECTRICA EXTERIOR, ESTUDIO DE INTERCONEXION ANTE EL OPERADOR DE RED Y REGISTRADO ANTE LA UPME	GLB	1	75,000,000.00	75,000,000.00
6	ESTUDIO DE MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL	GLB	1	25,000,000.00	25,000,000.00
7	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL PROYECTO	GLB	1	30,000,000.00	30,000,000.00
8	ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO CON CANTIDADES Y PRECIOS	GLB	1	10,000,000.00	10,000,000.00
10	EQUIPOS DE DESCONTAMINACION Y TRATAMIENTO DE BIOGAS	UND	1	621,316,356.84	621,316,356.84
25	MANO DE OBRA IMPLEMENTACION DE EQUIPOS DE DESCONTAMINACION Y TRATAMIENTO DEL BIOGAS	GLB	1	45,000,000.00	45,000,000.00
10	GENERADOR DE ENERGÍA DE 1MW, 440 V	UND	1	1,493,001,200.00	1,493,001,200.00
11	TRANSFORMADOR ELEVADOR 800 MW , 440V/13200 V	UND	1	65,000,000.00	65,000,000.00
12	EQUIPOS DE CONTROL	GLB	1	165,000,000.00	165,000,000.00
13	EQUIPO DE SINCRONISMO	GLB	1	45,000,000.00	45,000,000.00
14	EQUIPO DE TELEMEDIDA, NIVEL II, INCLUYE MODEM GPRS, TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y DE POTENCIAL PARA 15 KV, TIPO EXTERIOR	UND	1	30,000,000.00	30,000,000.00
15	ACOMETIDA EN BAJA TENSION, SUBTERRANEA, TRIFASICA, CABLE DE CU THHN 6*750 MCM (3F+1N+1T), DESDE GENERADOR A BORNES DE BAJA TENSIÓN TRANSFORMADOR ELEVADOR	ML	50	1,620,000.00	81,000,000.00
16	INTERCONEXIÓN DESDE BORNES DE MEDIA TENSIÓN DEL TRANSFORMADOR A ESTRUCTURAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN EN MEDIA TENSIÓN EN BAHIA DE SALIDA - PORTICO	ML	30	185,000.00	5,550,000.00
17	ESTRUCTURAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN (INTERRUPTOR DE POTENCIA, SECCIONADOR MOTORIZADO)SECCIONAMIENTO E INTERCONEXIÓN EN MEDIA TENSIÓN EN BAHIA DE SALIDA - PORTICO	GLB	1	35,000,000.00	35,000,000.00
18	RED DE MEDIA TENSIÓN PARA INTERCONEXION, TRIFÁSICA, AEREA, 3 HILOS, 2/O ACSR DESDE PORTICO DE SALIDA HASTA LA ESTRUCTURA MÁS CERCANA DE LA RED LOCAL EXISTENTE	ML	230	75,000.00	17,250,000.00
19	ESTRUCTURAS Y EQUIPOS PARA TRANSFERENCIA GENERADOR - RED ELECTRICA EXTERNA	GLB	1	35,000,000.00	35,000,000.00
20	SISTEMA INTEGRAL DE PUESTA A TIERRA		1	25,000,000.00	25,000,000.00
26	MANO DE OBRA CONSTRUCCIÓN DE REDES E IMPLEMENTACION DE EQUIPOS ELECTROMECANICOS	GLB	1	341,078,616.00	341,078,616.00
21	OBRA CIVIL AMPLIACION DEL SISTEMA DE INTERCONEXION Y EXCAVACIÓN POZOS DE EXTRACCIÓN	ML	1	45,000,000.00	45,000,000.00
22	OBRA CIVIL CUARTO DE CONTROL	GLB	1	25,000,000.00	25,000,000.00
23	OBRA CIVIL CUARTO DE MAQUINAS	GLB	1	30,000,000.00	30,000,000.00
24	OBRA CIVIL PATIO DE SUBESTACION ELECTRICA	GLB	1	35,000,000.00	35,000,000.00
25	OBRA CIVIL ADECUACIÓN PATIO PLANTA DE EXTRACCIÓN Y COMBUSTION DE BIOGÁS	GLB	1	20,000,000.00	20,000,000.00
27	MANO DE OBRA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES	GLB	1	27,900,000.00	27,900,000.00
9	LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN, PERMISOS AMBIENTALES Y TRÁMITES LEGALES ANTE LAS ENTIDADES GUBERNAMENTALES PARA PROYECTO EN FASE III	GLB	1	68,000,000.00	68,000,000.00
TOTAL		GLB			\$ 3,545,096,172.84

Tabla.36. Presupuesto general del proyecto



Universidad de Nariño



RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO				
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR	PORCENTAJE
1	SUBTOTAL DISEÑOS Y ESTUDIOS	GLB	290,000,000.00	8%
2	SUBTOTAL SUMINISTRO E INSTALACION EQUIPOS ELECTROMECHANICOS	GLB	2,337,879,816.00	66%
3	SUBTOTAL SUMINISTRO E INSTALACION EQUIPOS DE DESCONTAMINACION Y TRATAMIENTO DEL BIOGAS	GLB	666,316,356.84	19%
4	SUBTOTAL OBRAS CIVILES, INCLUYE MANO DE OBRA	GLB	182,900,000.00	5%
5	SUBTOTAL LICENCIAS	GLB	68,000,000.00	2%
6	TOTAL		3,545,096,172.84	100%
7	TRM		1,850.00	
8	VALOR EN DOLARES (US/MW) INSTALADO		1,916,268.20	

Tabla.37. Resumen general del presupuesto

5. Bibliografía

- [1]. EMAS S.A. E.S.P. 2.002
- [2]. Plan de Desarrollo Departamental “NARIÑO MEJOR” 2012 – 2015. pág 164
- [3]. Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos PGIRS Pasto 2007-2022 pág 10
- [4]. MinAmbiente. Proyectos Registrados Ante La Convección Marco de las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático. En: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Republica de Colombia [en línea].
http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosGestion/cambio_climatico/mdl/100912_proy_registrados_mdl.pdf
- [5]. Nicolas Gourgues.Aelium - J. Gacoin / S. Kennis. Registro de un Nuevo Proyecto en Colombia. Las reservas estimadas de Bionersis en CERs sobre los proyectos registrados por la ONU aumentaron un 141 % desde el 1º de enero de 2010 [en línea].
<<http://www.bionersis.com//fichiers/10-08-16-bionersis---enregistrement-bucaramangaes170-.pdf>>.[citado el 8 de marzo de 2010]
- [6]. Planta que reducía gases en El Carrasco fue apagada [en línea].
<<http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/198693-planta-que-reducia-gases-en-el-carrasco-fue-apagada>> [citado el 5 de Marzo de 2013]
- [7]. Alcaldía de Bucaramanga. Reencenderán planta que quemaba gas contaminante de El Carrasco. En prensa [en línea]. <<http://www.bucaramanga.gov.co/Prensa/post/2013/05/24/Reencenderan-planta-que-quemaba-gas-contaminante-de-El-Carrasco.aspx>> [citado el 24 mayo de 2013]
- [8]. MinAmbiente. Proyectos Mdl Aprobados por el Mavdt. En: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Republica de Colombia [en línea].
http://www.minambiente.gov.co/documentos/3412_proyectos_mdl_aprobados.pdf
- [9]. PhD Mauricio Alviar Ramírez. Captura y Combustión de Gases de Efecto Invernadero en los Rellenos Sanitarios Curva de Rodas y La Pradera. Santa marta. II seminario ONALPE. En Consejo Nacional Profesional de Economía [en línea].
<[http://www.conalpe.gov.co/files/editor/files/conferencia_mauricio_alviar\(1\).ppt](http://www.conalpe.gov.co/files/editor/files/conferencia_mauricio_alviar(1).ppt)> [citado en 29 de octubre de 2009]
- [10]. Universia. Universidad de Antioquia Participa en Primera Planta en Colombia para Gases de Efecto Invernadero [en línea]. <<http://noticias.universia.net.co/vida-universitaria/noticia/2008/10/11/240430/u-antioquia-participa-primera-planta-colombia-gases-efecto-invernadero-PRINTABLE.html>>[citado el 11 de octubre de 2008]
- [11]. Pablo Zamonsky. Sebastián Bajsa. Captura y quema de biogás en rellenos sanitarios y su utilización para la generación de energía eléctrica. La experiencia del relleno sanitario de las rosas [en línea]. <http://www.aborgama.com/162-Zamonsky-Uruguay.pdf>
- [12]. Ing. Pablo Zamonsky. Proyecto Demostrativo de Aprovechamiento Energético del Biogás del Relleno Sanitario de las Rosas, Maldonado – Uruguay. Foro latinoamericano del Cabo [en línea].
<http://www.laticarbon.com/2007/docs/presentations/Day3/S&T/Pablo%20Zamonsky.pdf>
- [13]. Ing. Sebastián Bajsa. Proyecto Demostrativo de Captación de Biogás y Generación de Energía Eléctrica. División de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Intendencia de Maldonado [en línea].
http://www.institutoideal.org/docs/Biogas_Maldonado_Sebastian_Bajsa.pdf



- [14]. Ing. Marcelo E. Rosso. Proyectos de Generación de Energía Eléctrica a partir de la Utilización del Biogás del Relleno Sanitario. Argentina. En Mega ciudades presentaciones 2013 [en línea]. <http://www.foro-megaciudades.com.ar/downloads/presentaciones/2012/12%20-%20Rosso.pdf>
- [15]. CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado). Glosario de términos. Complejo Ambiental Norte III. Argentina [en línea]. <http://www.ceamse.gov.ar/glosario/complejo-ambiental-norte-iii/>
- [16]. CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado). En quienes somos. Argentina [en línea]. <http://www.ceamse.gov.ar/quienes-somos/>
- [17]. Mauricio Giambartolomei. ¿Cuánta basura reciclable se genera en Capital Federal por día? [En línea]. <<http://www.lanacion.com.ar/1543984-cuanta-basura-reciclable-se-genera-en-capital-federal-por-dia>> [citado el 9 de enero de 2013]
- [18]. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Servicios a la Ciudad. Centro la Galeana. Madrid. Parque Tecnológico de Valdemingómez [en línea]. <http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Valdemingomez/07_Publicaciones/GALIANA_baja_ESP.pdf>
- [19]. Ayuntamiento de Madrid. Centro de Tratamiento La Galiana. (2011) [en línea]. <http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Ayuntamiento/Medio-Ambiente/Residuos-y-limpieza-urbana/Parque-Tecnologico-de-Valdemingomez/Informacion-relativa-al-Parque/Centros-de-Tratamiento/Centro-de-La-Galiana/Centro-de-Tratamiento-La-Galiana?vgnextfmt=detNavegacion&vgnextoid=62eca81120cf7210VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vgnnextchannel=32d8dc186a865210VgnVCM1000000b205a0aRCRD>
- [20]. Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez. Área de Gobierno de Medio Ambiente, Seguridad y Movilidad. Memoria de Actividades. Parque Tecnológico De Valdemingómez. España. (2011) [en línea]. <http://www.madrid.es/UnidadWeb/Contenidos/Publicaciones/TemaMedioAmbiente/Memoria2011/Ficheros/MEMORIAPTV.pdf>
- [21]. EPREMASA (Empresa Provincial de Residuos y Medio Ambiente, S.A.). Planta de Desgasificación y aprovechamiento energético del biogás del vertedero [en línea]. <http://www.epremasa.es/index.php/complejo-medioambiental-montalban/planta-desgasificacion-aprovechamiento-energetico-biogas>
- [22]. “Estudio Básico del Biogás” Agencia Andaluza de Energía. Disponible en: http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/.../estudio_basico_del_biogas_0.pdf
- [23]. B. Moreno; E. Gropelli; E. Capellana. “Biogás obtenido de la digestión anaeróbica de diferentes residuos orgánicos: revisión de las principales tecnologías de purificación.”
- [24]. Energreencol. Disponible en: <http://www.energareencol.com/>
- [25]. Afinidad Eléctrica. Disponible en: <http://www.afinidadelectrica.com/articulo.php?IdArticulo=177>
- [26]. J. Álvarez; L. Caneta; C. Moyano; “Biomasa y Biogás”, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes Argentina
- [27]. H. Asís; F. Dopazo; P. Gianoglio; “Producción de energía a partir de biogás obtenido de residuos sólidos urbanos”; Universidad Tecnológica Nacional; San Francisco, Córdoba, Argentina
- [28]. P. Zamonsky; “Captura y quema de biogás en relleno sanitario y su utilización para generación de energía eléctrica. La experiencia del relleno sanitario de Las Rosas”. Montevideo, Uruguay.



- [29]. Hofstetter. En línea: www.hofstetter-uwat.ch
- [30]. PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM-SSC-PDD) Version 03 - in effect as of: [citado el 22 de diciembre de 2006]
- [31]. EEUU, AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL DE LOS ESTADO UNIDOS. Estudio de Pre factibilidad para la Recuperación y la Utilización del Biogás en el Relleno Sanitario Loma de Los Cocos Cartagena de Indias, Colombia. Virginia. 2008. 4 p. Archivo No. 12205721.00.
- [32]. CATERPILLAR. Engines? Turbines? Both? Choosing Power for CHP Projects. Agosto 2013. 8 p
- [33]. AlterLat Energía Alternativa de Latinoamérica SA de CV. [En línea] : <http://alterlat.com>
- [34]. POT- 100343-A A13PPTE PERS NARIÑO SILOX EMPRESA: AlertLat.
- [35]. [En línea]:http://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/electric-power-generation/gas-generator-sets/18486985.html
- [36]. Forex Ticket: <http://www.forexticket.co/es/cambio/divisas-USD-COP>
- [37]. Alcaldía Municipal de Pasto. (2007). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2007 a 2022) (p. 564). Pasto Colombia. Retrieved from www.pasto.gov.co Environmental Protection Agency. (2012). Modelo Colombiano de Biogás. Retrieved November 30, 2013, from <http://www.epa.gov/lmop/international/colombia.html>



Universidad de Nariño



6. ANEXOS

- ANEXO1. DATOS RED ELÉCTRICA RELLENO SANITARIO ANTANAS

Punto GPS	Latitud	Longitud	Altitud	Tipo de estructura	Tipo de red		Calibre conductor ACSR
47	1,277485	-77,260625	2612,406	RH-231- RH233 mas 550 con seccionador	M.T	trifásica	1/0
48	1,277494	-77,260576	2611,904	550	M.T	trifásica	1/0
49	1,278692	-77,261098	2598,322	560 más 550	M.T	trifásica	1/0
50	1,278571	-77,261324	2599,366	532	M.T	trifásica	1/0
51	1,278432	-77,261536	2593,709	550 más 711 trafo 45 KVA	M.T	trifásica	1/0
52	1,279115	-77,261562	2592,43	550 más 711 trafo 75 KVA	M.T	trifásica	1/0
53	1,279116	-77,261759	2585,346	616	B.T	4 hilos	# 2
54	1,278603	-77,262062	2591,595	615	B.T	4 hilos	# 2
55	1,278719	-77,261681	2592,134	613	B.T	4 hilos	# 2
56	1,278442	-77,261654	2592,565	615	B.T	4 hilos	# 2
57	1,278195	-77,2619	2598,666	613	B.T	4 hilos	# 2
58	1,278002	-77,262109	2595,767	613	B.T	4 hilos	# 2
59	1,277759	-77,262364	2594,372	615	B.T	4 hilos	# 2
60	1,278261	-77,263165	2613,064	615	B.T	4 hilos	# 2
61	1,277857	-77,26343	2611,613	613	B.T	4 hilos	# 2
62	1,27758	-77,263614	2611,074	615	B.T	4 hilos	# 2
63	1,276997	-77,264065	2610,532	620	B.T	3 hilos	# 2
64	1,276248	-77,263754	2602,003	619	B.T	3 hilos	# 2
65	1,276376	-77,263433	2599,017	619	B.T	3 hilos	# 2
66	1,276673	-77,263148	2597,001	619	B.T	3 hilos	# 2
67	1,276849	-77,262123	2609,875	619	B.T	3 hilos	# 2
68	1,279616	-77,261255	2585,187	615	B.T	3 hilos	# 2
69	1,27923	-77,260761	2585,267	615	B.T	3 hilos	# 2
70	1,279113	-77,260467	2576,724	613	B.T	3 hilos	# 2
71	1,27876	-77,260697	2583,145	613	B.T	3 hilos	# 2
72	1,278094	-77,259953	2583,163	613	B.T	3 hilos	# 2
73	1,277951	-77,259616	2579,496	615	B.T	3 hilos	# 2



Universidad de Nariño



- ANEXO 2. DATOS RED ELÉCTRICA VEREDA LA JOSEFINA

Punto GPS	Usuarios	Latitud	Longitud	Altitud	Tipo de estructura	Tipo de red	Calibre	Red
74		1,284627	-77,270944	2537,92	P101 mas 514	M.T	1/0	TRIFÁSICA
75		1,285496	-77,270889	2536,175	P101	M.T	1/0	TRIFÁSICA
76	3	1,28544	-77,271748	2544,443	514 más 710 más 620, trafo 15 KVA	M.T y B.T	1/0	TRIFÁSICA
77	3	1,285036	-77,271867	2546,184	619	B.T	# 2	3 HILOS
78		1,285092	-77,272384	2555,247	619 más 620	B.T	# 2	3 HILOS
79		1,284462	-77,272359	2560,03	619	B.T	# 2	3 HILOS
80	2	1,285824	-77,272365	2550,395	617	B.T	# 2	3 HILOS
81		1,28623	-77,272594	2557,041	619	B.T	# 2	3 HILOS
82	1	1,285675	-77,271848	2544,688	619	B.T	# 2	3 HILOS
83	2	1,2859	-77,271492	2540,492	619	B.T	# 2	3 HILOS
84		1,286973	-77,271981	2545,164	617	B.T	# 2	3 HILOS
86	1	1,287587	-77,271778	2537,811	619	M.T	1/0	TRIFÁSICA
87		1,280438	-77,271739	2577,237	P101 mas 550 mas seccionador	M.T	1/0	TRIFÁSICA
88	1	1,278973	-77,271334	2586,799	521 más 619	M.T	1/0	TRIFÁSICA
89		1,278471	-77,271203	2589,212	560 más 710 más 514, trafo 10 KVA	M.T	1/0	TRIFÁSICA
90		1,278053	-77,271094	2594,879	617	B.T	# 2	3 HILOS
91		1,277585	-77,270921	2597,041	619	B.T	# 2	3 HILOS
92	1	1,276427	-77,269707	2616,007	619	B.T	# 2	3 HILOS
93	4	1,284776	-77,266419	2552,465	619	B.T	# 2	3 HILOS
94		1,285918	-77,266721	2571,521	619	B.T	# 2	3 HILOS
95		1,286908	-77,266114	2581,528	620	B.T	# 2	3 HILOS
96	2	1,287295	-77,265562	2585,311	617	B.T	# 2	3 HILOS
98	1	1,288764	-77,267505	2518,088	619	B.T	# 2	3 HILOS
99	3	1,288775	-77,26734	2522,176	619	B.T	# 2	3 HILOS
100		1,288841	-77,26719	2521,126	617	B.T	# 2	3 HILOS
101	2	1,291151	-77,266929	2559,425	550 más 711 más 619, trafo 75 KVA	M.T y B.T	1/0	TRIFÁSICA



Universidad de Nariño



102	1	1,290872	-77,266687	2561,76	620	B.T	# 2	3 HILOS
103	1	1,290778	-77,266664	2562,847	617	B.T	# 2	3 HILOS
104		1,290411	-77,266965	2556,675	619	B.T	# 2	3 HILOS
105		1,290176	-77,267036	2550,676	619	B.T	# 2	3 HILOS
107		1,283459 2	- 77,2711716	2589,125	P101	M.T	1/0	TRIFÁSICA
108		1,281917 3	- 77,2714615	2589,395	P101	M.T	1/0	TRIFÁSICA
110	3	1,278008 9	- 77,2727737	2589,212	617	B.T	# 2	3 HILOS
111	2	1,277648	- 77,2738647	2589,212	619	B.T	# 2	3 HILOS



Universidad de Nariño

INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



IPSE
Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

ANEXO 3. VEREDAS DEL CORREGIMIENTO MORASURCO EN DONDE ESTA UBICADO EL RELLENO SANITARIO ANTANAS

VEREDA	No. Habitantes	Colegio	No. Alumnos	Escuelas	No. Alumnos	Hogares Infantiles I.C.B.F.	Hogar Familiar	Puesto de salud	Acueducto	Alcantarillado	Teléfono Fijo	Energía	Vehículos
Cabecera Daza	Total 360	1	Alumnos 30. Docentes 6. Administrativos 2	1	Alumnos 50. Docentes 5.	Uno. Máximo 12 niños.	1	Uno. Personal médico 7, personal administrativo 1. Cuentan con planta eléctrica, bala de oxígeno, 2 camillas.	Si	Letrina	Si	Si	10. vehículos particulares en todo el corregimiento.
La Josefina	300			1	42	0		-	Arroyo	Letrina	Si	Si	
San Juan Alto	189			1	35	0		-	Si	Letrina	Si	Si	
San Juan Bajo	80			1	24	0		-	Si	Letrina	Si	Si	
Tosoaby	210			1	44	0		-	Si	Letrina	Si	Si	
Chachatoy	183			0		0			Si	Letrina	Si	Si	
Pinasaco	120			0		0			Si	Si	Si	Si	



Universidad de Nariño

INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



IPSE
Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

- **ANEXO 4. Identificación de Riesgos**

NATURALES	ANTROPICAS
-Amenaza Volcánica. Amenaza baja, esta definida principalmente por la tendencias de depositación de material de caída piroclástica, esta zona también puede ser afectada por onda de choque. -Deslizamientos en los caminos interveredales por lluvias. -Vulnerabilidad Física por agrietamiento de algunas viviendas.	-Incendios forestales en épocas de verano, en la Vereda de San Juan Alto. -Erosión por deforestación, extinción de especies nativas, en las Veredas San Juan Alto y Bajo (comercializan el carbón). -Contaminación del agua en las Quebrada Chimayoy, Pinsaco y Chachatoy por la presencia de la empresa de gas y de bares aledaños -Explotación Minera -Contaminación de aguas por agroquímicos.

Fuente: Plan Gestion Integral de Residuos Solidos



Universidad de Nariño



• ANEXO 5. Proyecciones de generación y recuperación del Biogás de Rellenos Sanitarios Antanas Pasto Nariño Colombia

Año	Disposición (Mg/ir)	Disposición Acumulada (Mg)	Generación de Biogás			Eficiencia del Sistema de Captura (%)	Recuperación de Biogás Estimada			Capacidad Máxima de la Planta de Electricidad* (MW)	Reducción de Emisión Estimadas**	
			(m³/hr)	(cfm)	(mmBtu/hr)		(m³/hr)	(cfm)	(mmBtu/hr)		(tonnes CH ₄ /yr)	(tonnes CO ₂ eq/yr)
2010	0	0	0	0	0.0	0%	0	0	0.0	0.0	0	0
2011	0	0	0	0	0.0	90%	0	0	0.0	0.0	0	0
2012	82,855	82,855	0	0	0.0	90%	0	0	0.0	0.0	0	0
2013	83,930	166,785	207	122	3.7	90%	186	110	3.3	0.3	584	12,257
2014	85,020	251,805	372	219	6.6	90%	335	197	6.0	0.6	1,049	22,037
2015	86,130	337,935	505	297	9.0	90%	454	267	8.1	0.8	1,424	29,904
2016	87,250	425,185	612	360	10.9	90%	551	324	9.8	0.9	1,728	36,292
2017	88,380	513,565	701	412	12.5	90%	631	371	11.3	1.0	1,978	41,538
2018	89,530	603,095	774	456	13.8	90%	697	410	12.5	1.2	2,186	45,898
2019	90,690	693,785	836	492	14.9	90%	753	443	13.5	1.2	2,361	49,575
2020	91,870	785,655	889	524	15.9	90%	801	471	14.3	1.3	2,511	52,722
2021	93,060	878,715	936	551	16.7	90%	842	496	15.0	1.4	2,641	55,459
2022	94,270	972,985	976	575	17.4	90%	879	517	15.7	1.5	2,756	57,878
2023	95,500	1,068,485	1,013	596	18.1	90%	912	537	16.3	1.5	2,860	60,052
2024	96,740	1,165,225	1,047	616	18.7	90%	942	554	16.8	1.6	2,954	62,035
2025	98,000	1,263,225	1,078	634	19.3	90%	970	571	17.3	1.6	3,041	63,870
2026	99,270	1,362,495	1,107	651	19.8	90%	996	586	17.8	1.6	3,123	65,591
2027	100,560	1,463,055	1,134	668	20.3	90%	1,021	601	18.2	1.7	3,201	67,222
2028	101,870	1,564,925	1,161	683	20.7	90%	1,044	615	18.7	1.7	3,275	68,785
2029	103,190	1,668,115	1,186	698	21.2	90%	1,067	628	19.1	1.8	3,347	70,296
2030	104,530	1,772,645	1,211	713	21.6	90%	1,090	641	19.5	1.8	3,417	71,765
2031	0	1,772,645	1,235	727	22.1	90%	1,112	654	19.9	1.8	3,486	73,203
2032	0	1,772,645	995	585	17.8	90%	895	527	16.0	1.5	2,807	58,954



Universidad de Nariño

INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



IPSE
Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

2033	0	1,772,645	807	475	14.4	90%	727	428	13.0	1.2	2,279	47,853
2034	0	1,772,645	661	389	11.8	90%	595	350	10.6	1.0	1,866	39,185
2035	0	1,772,645	547	322	9.8	90%	492	290	8.8	0.8	1,543	32,399
2036	0	1,772,645	457	269	8.2	90%	411	242	7.3	0.7	1,289	27,068
2037	0	1,772,645	386	227	6.9	90%	347	204	6.2	0.6	1,089	22,865
2038	0	1,772,645	330	194	5.9	90%	297	175	5.3	0.5	930	19,534
2039	0	1,772,645	285	168	5.1	90%	256	151	4.6	0.4	804	16,882
2040	0	1,772,645	249	147	4.4	90%	224	132	4.0	0.4	703	14,756
2041	0	1,772,645	220	129	3.9	90%	198	117	3.5	0.3	621	13,040
2042	0	1,772,645	196	116	3.5	90%	177	104	3.2	0.3	554	11,644
2043	0	1,772,645	177	104	3.2	90%	159	94	2.8	0.3	500	10,498
2044	0	1,772,645	161	95	2.9	90%	145	85	2.6	0.2	455	9,547
2045	0	1,772,645	148	87	2.6	90%	133	78	2.4	0.2	417	8,751
2046	0	1,772,645	136	80	2.4	90%	123	72	2.2	0.2	385	8,076
2047	0	1,772,645	127	74	2.3	90%	114	67	2.0	0.2	357	7,498
2048	0	1,772,645	118	69	2.1	90%	106	63	1.9	0.2	333	6,997
2049	0	1,772,645	111	65	2.0	90%	100	59	1.8	0.2	312	6,559

PARÁMETROS del MODELO

Contenido de Metano en el Biogás:	50%			
Factor de Corrección de Metano (MCF):	1.0			
Categoría de Residuos:	Degradación Rápida	Degradación Moderadamente Rápida	Degradación Moderadamente Lenta	Degradación Lenta
Índice de generación de CH ₄ (k):	0.260	0.120	0.048	0.024
Potencial de generación de CH ₄ (Lo) (m ³ /Mg):	70	103	161	200

NOTAS

* La capacidad máxima de la planta de electricidad asume que el índice de calor bruto es de 10,800 Btus por kW-hr (hhv).

**Reducción de emisiones no toman en cuenta la generación de electricidad o las emisiones del proyecto. La reducción de emisiones es calculada usando una densidad de metano de 0.0007168 Mg/m³ a temperatura estándar.



Universidad de Nariño

INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



IPSE
Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

• ANEXO 6. Cronograma de actividades

ITEM	DESCRIPCION ACTIVIDAD	VR/TOTAL	MES1	MES2	MES3	MES4	MES5	MES6	MES7	MES8	MES9	MES10	MES11	MES12	MES13	MES14	MES15	MES16	MES17	MES18
1	ESTUDIO DETALLADO DE ANALISIS DEL BIOGÁS A PARTIR DE CROMATOGRAFÍAS REALIZADAS EN LABORATORIO CERTIFICADO	40.000.000,00	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000														
2	ESTUDIO DETALLADO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL RELLENO SANTARIO	30.000.000,00	10.000.000	10.000.000	10.000.000															
3	DISEÑO SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DE POZOS Y CONDUCCIÓN DEL BIOGÁS POR MEDIO DE TUBERÍA EXISTENTE Y PROYECTADA, INCLUYE: TENDIDO DE DUCTOS DE EXTRACCIÓN, SISTEMA DE LAVADO Y DESCONTAMINACIÓN, CONDENSADO Y ALIMENTACIÓN AL GENERADOR DE ENERGÍA	35.000.000,00	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000													
4	DISEÑO Y CALCULO DE OBRAS CIVILES, INCLUYE: SALA DE CONTROL, CUARTO DE MÁQUINAS, PATIO DE SUBESTACIÓN	45.000.000,00	15.000.000	15.000.000	15.000.000															
5	DISEÑO Y CALCULO DE SUBESTACION ELECTRICA, INCLUYE: GENERADOR, TRANSFORMADOR ELEVADOR, EQUIPOS DE CONTROL, EQUIPOS DE SINCRONISMO, EQUIPO DE MEDICION DE ENERGIA CLASE 0.2 S DOBLE DIRECCIÓN Y TELEMEDICIÓN, PROTECCIONES EN MEDIA TENSIÓN, PORTICO DE SALIDA, INTERCONEXIÓN A LA RED LOCAL, SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA GENERADOR LOCAL - RED ELECTRICA EXTERIOR, ESTUDIO DE INTERCONEXION ANTE EL OPERADOR DE RED Y REGISTRADO ANTE LA UPME	75.000.000,00					15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000									
6	ESTUDIO DE MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL	25.000.000,00	4.166.667	4.166.667	4.166.667	4.166.667	4.166.667	4.166.667												
7	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL PROYECTO	30.000.000,00							10.000.000	10.000.000	10.000.000									
8	ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO CON CANTIDADES Y PRECIOS	10.000.000,00							5.000.000	5.000.000										
9	EQUIPOS DE DESCONTAMINACION Y TRATAMIENTO DE BIOGAS	621.316.356,84										124.263.271	124.263.271	124.263.271	124.263.271	124.263.271				
10	MANO DE OBRA IMPLEMENTACION DE EQUIPOS DE DESCONTAMINACION Y TRATAMIENTO DEL BIOGAS	45.000.000,00												15.000.000	15.000.000	15.000.000				
11	GENERADOR DE ENERGÍA DE 1MW, 440 V	1.493.001.200,00										298.600.240	298.600.240	298.600.240	298.600.240	298.600.240				
12	TRANSFORMADOR ELEVADOR 800 MW , 440V/13200 V	65.000.000,00										13.000.000	13.000.000	13.000.000						
13	EQUIPOS DE CONTROL	165.000.000,00													33.000.000	33.000.000	33.000.000	33.000.000	33.000.000	
14	EQUIPO DE SINCRONISMO	45.000.000,00													9.000.000	9.000.000	9.000.000	9.000.000	9.000.000	
15	EQUIPO DE TELEMEDIDA, NIVEL II, INCLUYE MODEM GPRS, TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y DE POTENCIAL PARA 15 KV, TIPO EXTERIOR	30.000.000,00															15.000.000	15.000.000		
16	ACOMETIDA EN BAJA TENSION, SUBTERRANEA, TRIFASICA, CABLE DE CU THHN 6"750 MCM (3F+1N+1T), DESDE GENERADOR A BORNES DE BAJA TENSION TRANSFORMADOR ELEVADOR	81.000.000,00													27.000.000	27.000.000	27.000.000			
17	INTERCONEXIÓN DESDE BORNES DE MEDIA TENSIÓN DEL TRANSFORMADOR A ESTRUCTURAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN EN MEDIA TENSIÓN EN BAHIA DE SALIDA - PORTICO	5.550.000,00													2.775.000	2.775.000				
18	ESTRUCTURAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN (INTERRUPTOR DE POTENCIA, SECCIONADOR MOTORIZADO)SECCIONAMIENTO E INTERCONEXIÓN EN MEDIA TENSIÓN EN BAHIA DE SALIDA - PORTICO	35.000.000,00												7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000		
19	RED DE MEDIA TENSIÓN PARA INTERCONEXION, TRIFÁSICA, AEREA, 3 HILOS, 2/O ACSR DESDE PORTICO DE SALIDA HASTA LA ESTRUCTURA MÁS CERCANA DE LA RED LOCAL EXISTENTE	17.250.000,00																8.625.000	8.625.000	
20	ESTRUCTURAS Y EQUIPOS PARA TRANSFERENCIA GENERADOR - RED ELECTRICA EXTERNA	35.000.000,00														11.666.667	11.666.667	11.666.667		
21	SISTEMA INTEGRAL DE PUESTA A TIERRA	25.000.000,00												8.333.333	8.333.333	8.333.333				
22	MANO DE OBRA CONSTRUCCIÓN DE REDES E IMPLEMENTACION DE EQUIPOS ELECTROMECANICOS	341.078.616,00										42.634.827	42.634.827	42.634.827	42.634.827	42.634.827	42.634.827	42.634.827	42.634.827	
23	OBRA CIVIL AMPLIACION DEL SISTEMA DE INTERCONEXION Y EXCAVACIÓN POZOS DE EXTRACCIÓN	45.000.000,00										15.000.000	15.000.000	15.000.000						
24	OBRA CIVIL CUARTO DE CONTROL	25.000.000,00												8.333.333	8.333.333	8.333.333				
25	OBRA CIVIL CUARTO DE MAQUINAS	30.000.000,00												10.000.000	10.000.000					
26	OBRA CIVIL PATIO DE SUBESTACION ELECTRICA	35.000.000,00												11.666.667	11.666.667	11.666.667				
27	OBRA CIVIL ADECUACIÓN PATIO PLANTA DE EXTRACCIÓN Y COMBUSTION DE BIOGÁS	20.000.000,00												6.666.667	6.666.667	6.666.667				
28	MANO DE OBRA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES	27.900.000,00										5.580.000	5.580.000	5.580.000	5.580.000	5.580.000				
29	LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN, PERMISOS AMBIENTALES Y TRÁMITES LEGALES ANTE LAS ENTIDADES GUBERNAMENTALES PARA PROYECTO EN FASE III	68.000.000,00	7.555.556	7.555.556	7.555.556	7.555.556	7.555.556	7.555.556	7.555.556	7.555.556	7.555.556									
30	SUBTOTALES		53.722.222	53.722.222	53.722.222	43.722.222	33.722.222	26.722.222	37.555.556	37.555.556	17.555.556	499.078.338	499.078.338	566.078.338	622.853.338	634.520.005	145.301.494	126.926.494	93.259.827	-
	TOTAL	\$ 3.545.096.172,84	265.333.333						1.656.901.682						1.622.861.158					



Universidad de Nariño

INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



IPSE
Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

**Plan de Energización Rural Sostenible para el
Departamento de Nariño
(PERS-NARIÑO)**

Convenio Interinstitucional 110 de 2012

Universidad de Nariño

José Edmundo Calvache
RECTOR

Andrés Pantoja
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Darío Fajardo
COORDINADOR ADMINISTRATIVO PERS

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)

Ángela Cadena
DIRECTORA GENERAL

Olga Leandra Rey
COORDINADORA TÉCNICA PERS

Brenda Roncancio
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**USAID, Programa de Energías Limpias para
Colombia (CCEP)**

José Eddy Torres
DIRECTOR GENERAL
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Catalina Álvarez
SUBDIRECTORA
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**Instituto de Planificación y Promoción de
Soluciones Energéticas para las Zonas no
Interconectadas (IPSE)**

Carlos Neira
DIRECTOR

Jairo Quintero
COORDINADOR TÉCNICO PERS



Universidad de Nariño



Unidad de Planeación Minero Energética



Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas no interconectadas