



PROYECTO FINAL

APROVECHAMIENTO DE BIOGAS DE RSU PARA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

Ingeniería Industrial

MARINA FERNANDEZ
VALENTINA HEREDIA
MARIA BELEN SUAREZ



**Aprovechamiento de Biogás de RSU para
Generación de Energía Eléctrica
Proyecto Final**



TITULO

Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de
Energía Eléctrica

Piedras Blancas, Córdoba, Argentina

CATEDRA

Proyecto Final

AÑO DE CURSADA

2020

PRESENTACIÓN FINAL

8 de Marzo 2022

PROFESORES

Santangelo, Juan Carlos

García, María Elina

Benedetti, Diego

Cariello, Jorgelina

ALUMNAS

Marina Fernandez

Valentina Heredia

María Belén Suárez

EMAIL

marifnz.lp@gmail.com

valheredia.vh@gmail.com

mabesua@gmail.com



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Índice

1. Resumen Ejecutivo.....	5
2. Introducción.....	6
3. Fundamentación.....	8
4. Objetivos.....	11
5. Alcance.....	12
5.1. Estructura detallada del trabajo (WBS).....	12
6. Aspectos Comerciales.....	14
6.1. Descripción del Mercado.....	14
6.2. Público Objetivo.....	18
6.2.1. Marco Legal.....	19
6.3. Competencia.....	23
6.3.1. Competidores Existentes.....	23
6.3.2. Competidores Directos – Programa RenovAr.....	24
6.4. Proveedores.....	26
6.5. Comercialización.....	28
6.5.1. Canales de distribución.....	28
6.5.2. Canales de comunicación.....	28
6.6. Tamaño del Proyecto.....	29
7. Aspectos Técnicos.....	33
7.1. Localización del Proyecto.....	33
7.1.1. Macro Localización.....	33
7.1.2. Micro Localización.....	35
7.1.3. Clima.....	36
7.1.4. Zonificación.....	37
7.2. Ingeniería del Proyecto.....	38
7.2.1. Planificación de la Capacidad.....	38
7.2.2. Capacidad Instalada y Efectiva.....	38
7.2.3. Selección de Tecnología.....	39
7.2.3.1. Sistema de Captación.....	39
7.2.3.2. Tecnologías de Generación de Energía.....	44
7.2.3.3. Tecnologías de aumento de Metano.....	46



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

7.2.4.	Equipos y Maquinarias.....	47
7.2.5.	Descripción del Proceso	49
7.2.6.	Diagrama de Bloques	64
7.2.7.	Diagrama de Flujo.....	65
7.2.8.	Balance de Masa y Energía.....	65
7.2.9.	Cálculo del personal.....	67
7.3.	Planos y LayOut.....	69
7.3.1.	Ubicación del Relleno Sanitario.....	69
7.3.2.	Plano Tentativo del Sistema de Captación	71
7.3.3.	LayOut Planta de Tratamiento y de Generación.....	72
7.3.4.	LayOut zona de Tratamiento de Biogás	73
7.3.5.	LayOut de zona de Generación	74
7.3.6.	Recepción de Materia Prima, Insumos y Materiales.....	75
7.3.7.	Almacenes.....	75
7.4.	Servicios Auxiliares.....	80
7.4.1.	Mantenimiento	81
7.5.	Recursos Humanos	83
7.6.	Tratamiento, Disposición y Control de Contaminantes	87
7.7.	Seguridad e Higiene del Trabajo.....	88
8.	Estudio Legal	95
9.	Evaluación de Impacto Ambiental y Social.....	96
10.	Estudio Económico.....	101
10.1.	Modelo Econométrico	101
10.2.	Datos de Generación	105
10.3.	Inversión.....	106
10.4.	Alícuotas Impositivas	112
10.5.	Costos e ingresos directos de Producción.....	112
10.6.	Costo de producir la Energía	113
10.7.	Balance de Personal.....	114
10.7.1.	Composición de Sueldos Jornales y Mensuales	114
10.7.2.	Erogaciones del Personal	115
10.8.	Gastos generales y de administración	116
10.9.	Cálculo de IVA.....	118
10.10.	Financiamiento y Amortización de la deuda.....	119



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10.11. Cuadro de Resultados Proyectado.....	120
10.12. Flujo de Fondos Proyectado.....	121
10.13. Rentabilidad del Proyecto.....	121
10.14. Análisis de Riesgo.....	122
11. Conclusiones.....	125
12. Anexos.....	126
12.1. Caracterización de los RSU de Córdoba.....	126
12.2. Modelización.....	126
12.3. Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales.....	131
12.4. Matriz Legal Provincia de Córdoba.....	133
13. Bibliografía.....	134
14. Índice de Tablas.....	136
15. Índice de Gráficos.....	137
17. Índice de Ecuaciones.....	138
18. Índice de Mapas.....	138



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



1. Resumen Ejecutivo

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la factibilidad técnica, económica-financiera, social y ambiental de la inserción de una Planta de Generación de Energía Eléctrica a través del aprovechamiento del biogás generado por los residuos sólidos urbanos depositados en el relleno sanitario de Piedras Blancas. Esta planta generará 5 MW/h bajo el régimen del programa RenovAr, abasteciendo la red del Sistema Argentino de Interconexión Eléctrico.

La ubicación de la planta será dentro del relleno sanitario de Piedras Blancas, situado sobre la ruta provincial 36, distante a 13 kilómetros del centro de la ciudad de Córdoba, provincia de Córdoba.

El objetivo principal del proyecto es la generación de energía renovable a través de la valorización de los residuos, colaborando así a solucionar el grave problema medioambiental de las emisiones de metano a la atmósfera y por ende a disminuir el impacto de los residuos sobre el calentamiento global. El aprovechamiento del biogás no es solo una medida mitigadora, sino también una solución de la ingeniería por transformar lo desechable en un recurso valioso, el cual no solo aportará de energía verde a la matriz energética del país, sino que también resguardará los recursos naturales del territorio argentino.

Todo el biogás generado por los RSU dispuestos en el vertedero, se captará a través de un sistema de captación de trincheras, y luego será introducido a la planta, el cual pasará por una serie de equipos que tratarán la mezcla de gases para poder llevarlo a la calidad requerida por los moto-generadores que realizarán el trabajo de transformarlo en energía eléctrica. La planta está diseñada para cumplir con la normativa vigente de emisiones gaseosas a la atmósfera.

El aporte de inversión que se requiere para el proyecto es de USD 6.210.048,32. Considerando un canon de 160 USD por MW/h inyectado en la red, se prevé una tasa de retorno del 34,5%. La estructura de capital se planteó de 70% de deuda y 30% de aporte de capital propio; siendo factible ya que la rentabilidad del proyecto arroja un Valor Actual Neto de \$ 9.441.577,34, obtenido del Flujo de Fondos y descontado del WACC, siendo así posible obtener financiamiento accionario.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

2. Introducción

En la actualidad los proyectos de valorización de los residuos sólidos urbanos en la República Argentina están ganando gran importancia en la industria energética ya que a través de un recurso que se suele dar por perdido, y con la ayuda de ciertos procesos de mejora de este, puede generar energía sustentable y ser aportada a la matriz energética nacional. A su vez, estas plantas sostenibles, no solo facilitan y mejoran la gestión de los residuos, sino que también suman a la agenda ambiental del país a través de tratados internacionales, mediante los cuales el Estado Nacional ha asumido la responsabilidad de disminuir sus emisiones de efecto invernadero.

La finalidad principal del presente trabajo es analizar bajo la órbita de estudios de consultoría, proyectos de valorización de biogás proveniente de los residuos sólidos urbanos dispuestos en rellenos sanitarios, respondiendo como solución a una problemática ambiental y focalizando el mismo en un ejemplo práctico con la presentación de los resultados obtenidos.

Para poder desarrollar y llevar a cabo un proyecto de generación de energía eléctrica a través del aprovechamiento del biogás se deben seguir una serie de etapas de análisis y evaluación de ciertas variables, siendo estas:



Gráfico 1 - Etapas para evaluar Proyectos de Valorización de RSU



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

Una de las etapas más importantes para proyectos de esta índole, es estimar la producción de biogás que pueda generar la masa de residuos dispuestos en el vertedero bajo análisis para así poder analizar y proyectar la capacidad de generación de energía. Dicha estimación se realiza bajo una modelización la cual indica la curva de producción de biogás a través del tiempo. Una vez calculada y en base a esta es posible diseñar el sistema de captación de biogás.

Para el actual caso de estudio que se desea presentar, dicha modelización fue realizada por una empresa argentina especializada en sistemas de captación de biogás, y fue facilitada para poder desarrollar el proyecto. En la misma se tuvieron en consideración las siguientes variables que accionan en el proceso de gestión de residuos de un relleno sanitario.

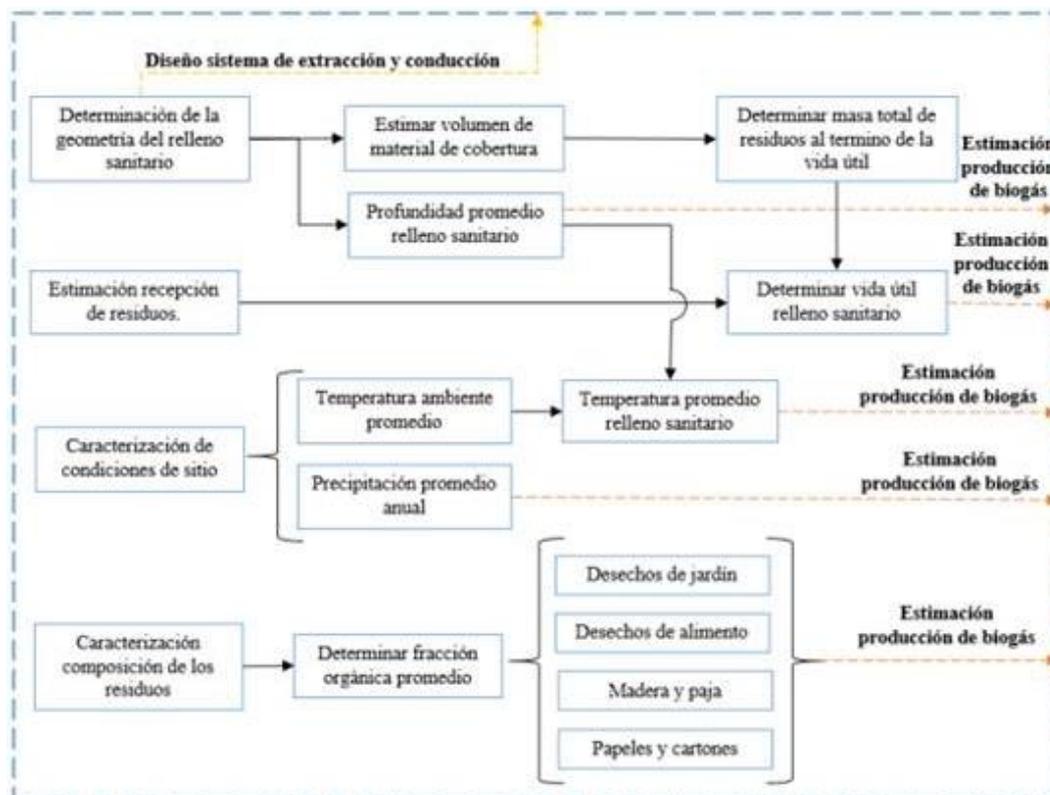


Gráfico 2 - Variables para la estimación de producción de Biogás

Para dicho informe se procedió a desarrollar la potencialidad técnica, económica-financiera, ambiental y social de instalar una planta de generación de energía eléctrica a través del uso de biogás de RSU como combustible. Se seleccionó bajo métodos de análisis más adelante desarrollados, el relleno sanitario de Piedras Blancas ubicado en la Provincia de Córdoba.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final



Los métodos de estudio, análisis y desarrollo del proyecto fueron descriptos de manera tal que puedan ser aplicados para otros sitios donde se desee realizar proyectos de valorización de residuos sólidos urbanos.

3. Fundamentación

El enfoque principal de este trabajo son los residuos, los cuales presentan una gran problemática para cualquier sociedad del mundo y cada vez aumenta más la preocupación en materia de gestión de estos. La basura es un hecho el cual debe ser gestionado diariamente y esto, para la mayoría de los casos, se convierte en un gran inconveniente, sobre todo para las grandes ciudades ya que no cuentan con los conocimientos o las tecnologías necesarias para llevarlo a cabo de manera adecuada. Los desechos generados en una ciudad conllevan problemas como malos olores, infecciones, enfermedades, entre otros.

La gestión de residuos que se halla bajo la órbita e injerencia de las municipalidades, se encuentra atravesando históricamente por diversas problemáticas no resueltas, entre ellas se pueden mencionar, realización de análisis de base e implementación de recursos adecuados; problemas de asignación de partidas presupuestarias; tipo y cantidad de personal idóneo asignado a las gestiones; diseños ineficientes y decaimiento en la implementación de planes y programas de gestión que tiendan a internalizar tanto en la población como en los sectores de producción local, la necesidad de abarcar y consensuar una adecuada y continua gestión de los residuos.

Surge también la necesidad de identificar y consolidar, la idea de que no existen recetas mágicas a la hora de establecer planes de gestión y/o de tecnologías. Cada región contempla un universo de particularidades que la hacen única, por tal motivo no resultan fácilmente replicables a programas exitosos de otros sitios.

Por consiguiente, se debe considerar primordialmente el aseguramiento de un plan que involucre como mínimo los aspectos de higiene urbana, recolección, transporte y disposición final que atienda los aspectos sociales y ambientales elementales. Posteriormente y habiendo asimilado este mecanismo de operatividad que asegure el correcto tratamiento y disposición final, establecer un plan de mejora continua, sobre el cual se podrán atender distintos aspectos de la gestión de residuos que involucre el análisis de factibilidad de separación en origen, recolección selectiva,



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



separación y clasificación de materiales recuperables y cadena de valores, plantas de compostaje, valorización de procesos etc.

En Argentina, el 90% de la población se encuentra en el sector urbano, donde existe una cobertura de recolección de RSU del 99,8% y solo una tasa del 64,7% termina en disposición final en Rellenos Sanitarios, el resto es enviado a basurales de cielo abierto. En la actualidad, en nuestro país, se estima una tasa de generación de residuos domiciliarios de 1,15 kilogramos por habitante por día ¹.

En la provincia de Córdoba, uno de los mayores problemas ambientales urbanos tiene su origen en la incorrecta gestión de residuos sólidos urbanos. Actualmente en la provincia hay una población superior a los 3 millones de habitantes y se generan 4.000 toneladas diarias de RSU, de los cuales el 70% tiene una disposición final adecuada en seis vertederos controlados mientras que el 30% restante termina en basurales a cielo abierto. En dicha provincia el 8,67% de los hogares se encuentran a menos de tres cuadras de un basural, resultando 41.300 hogares viviendo bajo estas condiciones ².

En el presente informe, evaluaremos la factibilidad técnica, económica-financiera, social y ambiental del aprovechamiento del biogás producido a través de la descomposición de los residuos sólidos urbanos dispuestos en el relleno sanitario de Piedras Blancas, situado a 13 kilómetros del centro de la ciudad de Córdoba, ubicado a la vera de la ruta provincial 36; el mismo consta de una superficie total de 60 hectáreas y área operativa para la disposición final de residuos e infraestructura de al menos 40 hectáreas.

Dicho relleno fue iniciado a partir de mayo de 2010, para el enterramiento de residuos de la ciudad de Córdoba y de 18 municipios del área metropolitana del Gran Córdoba. Recibe en la actualidad aproximadamente 2.000 toneladas diarias.

Los gases de efecto invernadero, sin lugar a duda, representan una gran problemática a resolver, a fin de reducir significativamente las emisiones a la atmósfera. El gas generado por los RSU, al difundirse a través de la masa de residuos, arrastra trazas de compuestos orgánicos y otros contaminantes gaseosos hasta la superficie del módulo, produciendo emisiones que influyen en

¹ BID-AIDIS-OPS

² Diagnóstico de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos – Banco Mundial



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



el efecto invernadero. No obstante, la captación de este biogás para su aprovechamiento energético o su uso como recurso en procesos de tecnologías avanzadas, permite eliminar los contaminantes atmosféricos peligrosos.

El gas de relleno sanitario se produce por descomposición anaeróbica de los residuos urbanos depositados en dichos vertederos. Su generación depende del tiempo transcurrido desde su disposición, de la composición de los RSU, y de variables meteorológicas como la temperatura del ambiente y la humedad. El potencial de uso de este está determinado por su contenido de metano y el caudal capturado.

El uso del biogás para la producción de electricidad es una de las aplicaciones más beneficiosas, aunque el resultado del proyecto depende de varios factores entre los que hay que considerar aspectos técnicos, económicos, y de gestión, así como redes eléctricas a la demanda a ser suplida.

A nivel país se consumen 14.116 MW el cual se obtiene de distintas fuentes tales como: Centrales Térmicas (7.360 MW), Parque Eólicos (2.940 MW), Estaciones Fotovoltaicas (1.740 MW), Centrales Hidroeléctricas (1.710 MW), Biomasa (196 MW), Biogás (80 MW), Centrales Nucleares (60 MW) y Estaciones Mini Hidroeléctricas (30 MW) ³.

La energía eléctrica renovable que se produzca en el relleno de Piedras Blancas va a ser inyectada directamente en la red nacional.

El proyecto se encontrará enmarcado por la estructura normativa vigente en materia de residuos, la cual parte de considerar los Acuerdos Multilaterales ratificados por nuestro país en lo relativo a residuos y sustancias químicas. En un segundo nivel, se encuentran las leyes de presupuestos mínimos de protección ambiental, conformada por la Ley General del Ambiente, la Ley de Gestión Integral de Residuos Domiciliarios y la Ley de Gestión Integral de Residuos Industriales y Actividades de Servicio. Finalmente, se encuentran las leyes nacionales de Residuos Peligrosos, la Ley de Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica y la Ley de Régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentables de biocombustibles.

³ Dirección Nacional de Infraestructura Energética – Ministerio de Energía – Presidencia de la Nación 2020



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



En cuanto a la generación de energía, el transporte de dicha energía eléctrica es una de las prestaciones que realiza EPEC (Empresa Provincial de Energía de Córdoba). Para ello, se conectará a través de uno de los nodos con el Sistema Argentino de Interconexión (SADI) mediante una estación transformadora (500/132 kV). Existe también un Sistema Interconectado Provincial (red de 132 kV) que transporta energía dentro de la provincia de Córdoba y hacia las provincias de San Luis, La Pampa, Santiago del Estero y Santa Fe. La energía abastecida a través de los tres puntos de conexión con el SADI y la generada en la Provincia (por EPEC y generadoras privadas) se transporta por medio de redes de alta tensión de 132/66/33 kV.

Actualmente se distribuye electricidad de forma directa al 70 por ciento de la población provincial. Mientras que el 30 por ciento restante recibe la energía que distribuyen las 204 cooperativas eléctricas del interior cordobés. Estas entidades, a su vez, son clientes mayoristas de EPEC. Así, la cartera de clientes incluye el sector industrial, pymes, comercios y usuarios residenciales.

4. Objetivos

Objetivo General

Generar energía eléctrica a través del aprovechamiento de Biogás obtenido de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), en la ciudad de Córdoba y alrededores.

Objetivos Específicos

- ❖ Disminuir la contaminación ambiental dándole tratamiento a los gases de efecto invernadero.
- ❖ Mejorar la salud pública reduciendo la polución actual generada.
- ❖ Brindar información sobre la importancia de los RSU con el fin de fomentar el cuidado del medio ambiente.
- ❖ Fortalecer lazos comunitarios.
- ❖ Suministrar la energía generada.
- ❖ Establecer nuevos puestos de trabajo.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

5. Alcance

Dicho proyecto busca alcanzar todos los aspectos relacionados a la producción de energía renovable a partir del aprovechamiento del biogás de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), partiendo desde la captación de dicho gas, su tratamiento y posterior generación de energía eléctrica.

Para tal fin es necesario determinar equipos y herramientas necesarias para la puesta en marcha del proyecto, estimar la perspectiva del aumento del volumen de residuos que ingresan en el relleno sanitario y determinar la variación de biogás producido en los módulos de vertedero.

Se comercializará como un servicio de energía eléctrica, inyectándola de manera directa en la red.

El mercado objetivo será la ciudad de Córdoba, Provincia de Córdoba, Argentina; la planta estará ubicada en el predio ambiental de Piedras Blancas, donde se disponen todos los Residuos Sólidos Urbanos de esta localidad y sus alrededores.

5.1. Estructura detallada del trabajo (WBS)

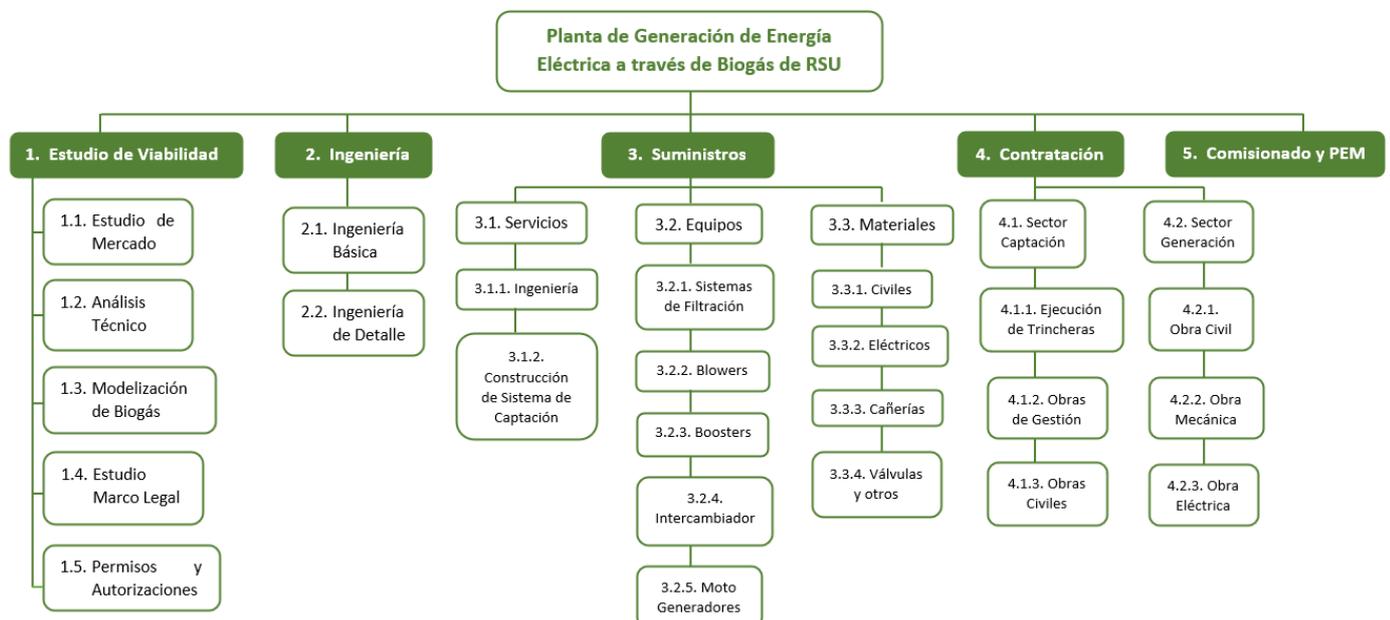


Gráfico 3 - Estructura WBS



CAPITULO 1

ASPECTOS COMERCIALES

*Mercado, Publico Objetivo, Competencia, Proveedores,
Comercialización y Tamaño del Proyecto*



6. Aspectos Comerciales

6.1. Descripción del Mercado

La Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos es una temática que exige atención prioritaria para la mejora de la calidad de vida de la población y la posibilidad de lograr un desarrollo sostenible en el lugar donde se ubica el relleno sanitario. Se trata de una cuestión transversal a todas las ciudades del país, sin diferenciarlas por tamaño o población.

Cabe destacar que, la potestad del municipio en cuanto a la definición de la política y regulación en materia de gestión de los RSU se encuentra comprendida en las competencias municipales relativas al aseo e higiene urbana, implicando la facultad de regular, contratar y realizar los servicios y obras públicas necesarias en ese sentido. En términos generales, podría afirmarse que el municipio debería estar dotado del amplio poder de policía de bienestar, el cual comprende la cuestión ambiental en todos sus aspectos.

El dilema de la basura en Córdoba demanda una intervención de la sociedad para solucionarlo. Desde el Estado Provincial, se impulsan acciones para mitigar los efectos de este creciente problema que afecta la calidad del ambiente. No todos los grandes centros urbanos cuentan con rellenos sanitarios funcionando e incluso muchos en condiciones precarias.

Actualmente, el relleno sanitario de Piedras Blancas no cuenta con un sistema de captación de biogás y valorización de este; tanto la extracción, como el pretratamiento del biogás, requieren de la eliminación y gestión de líquidos condensados.

Dentro de las dificultades existentes se resalta que no toda la cantidad de biogás generado resulta aprovechable, ya que depende de factores tales como el sistema de cobertura, el diseño y manejo del sistema de colección de biogás, el sistema de colección de lixiviados, grado de compactación de los residuos, manejo de incendios y la profundidad del relleno. La eficiencia de captura de biogás se determina como la relación entre la cantidad de biogás modelada y la medida en el sistema de recuperación. Los valores normales se encuentran entre un 50% a un 75%.

Este tipo de servicios es muy difícil de brindar, por las condiciones de trabajo sobre residuos y la variabilidad que se tiene al trabajar con los gases que estos emiten.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Dado lo mencionado sobre la falta de tratamiento en el predio, el proyecto sería el pionero en el área para la generación de energía a través de biogás en dichos vertederos, brindando mejoras medioambientales y satisfaciendo la matriz energética local.

A modo de consideraciones, por cada 750 Nm³/h de biogás, se estima equivalen a 1.4 MW de energía producida y unos 1.2 MW de energía despachada.

Respecto a la estructura de mercado, la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC) abarca los tres eslabones del negocio de la energía eléctrica: generación, transporte y distribución; cuenta con 18 centrales generadoras de energía eléctrica, ubicadas en distintos puntos de la Provincia y que suman una potencia instalada total de 1.605 MW. La electricidad adicional que necesita la provincia se obtiene por operaciones comerciales con el Mercado Eléctrico Mayorista.

Es importante mencionar que la Provincia de Córdoba aporta el diez por ciento de la energía que utiliza nuestro país y que se distribuye gracias al Sistema Interconectado Nacional (SIN), que se encarga de distribuir casi el noventa por ciento de la energía eléctrica producida a nivel nacional, abasteciendo de electricidad a la mayor parte de este.

Barreras de Mercado

De Entrada:

- Nivel alto requerido de inversión inicial.
- Competencia imperfecta.
- Falta de experiencia y conciencia medioambiental en la zona.
- Falta de conocimientos y habilidades técnicas.
- Capacidad de producción limitada debido a los niveles generados de Biogás.
- Falta de apoyo y estímulo por parte de las autoridades en proyectos de inversión medioambiental.

De Salida:

- Negativa del gobierno a la decisión de salida debido a la falta de empleo, a la necesidad de tratamiento de los desechos y al aporte energético consecuente.
- Compromiso con instituciones financieras y proveedores a largo plazo.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



La provincia de Córdoba tiene un territorio de 16 millones de hectáreas y 427 municipios y comunas. El común de la gente entiende que este asunto depende de la gestión de las autoridades en materia ambiental.

En la actual gestión, se encuentran vigentes acuerdos socioambientales, los cuales son la declaración pública de un compromiso que tienen los actores locales, el intendente, la cooperativa, las ONG's, el sector religioso, la policía, la escuela y los bomberos. Todos estos actores son convocados a firmar un compromiso público acerca del trabajo que van a desarrollar, analizar y detectar los problemas ambientales que ellos creen que tienen en la localidad, y fijar líneas de acción para solucionarlos. Hasta la fecha hay un total de 18 acuerdos firmados a nivel regional con departamentos y ciudades como Rio Cuarto y Bell Ville ⁴.

A través de estos acuerdos se determinan los principales problemas ambientales, los cuales son: tratamiento de los residuos sólidos urbanos; forestación, reforestación y tratamiento de los bosques nativos; y educación ambiental.

Sobre estos tres ejes mencionados se viene trabajando, desarrollando acciones como la conformación de entes, aprobación de las licencias ambientales de los sitios de disposición, el financiamiento posterior, la selección diferenciada en origen y la educación ambiental.

Todo ese trabajo está logrando algunos objetivos que permiten visualizar un gran avance en materia de gestión ambiental. Uno de los más relevantes es que se logró la construcción de un vertedero nuevo en el departamento Tercero Arriba, localidad que cuenta con 17 basurales que están por clausurar; y ya se encuentra en funcionamiento y con proceso de cierre para los basurales a cielo abierto del departamento. Estos basurales habían sido convertidos en sitios de disposición precaria.

Por otro lado, se está construyendo un vertedero regional en Porteña, que servirá para 8 localidades. Será una planta de tratamiento con la fosa impermeabilizada. En ese mismo lugar, además del enterramiento, se hará la clasificación y el encapsulado de los residuos generados en el noreste del departamento San Justo.

⁴ Dirección de Conservación de la Biodiversidad y Recursos Naturales Córdoba



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Otro factor importante es el hecho de que dos proyectos importantes están listos para ser financiados y terminados en todo lo administrativo y técnico: la planta de tratamiento y el relleno sanitario de Totoral y el de la microrregión de Ansenúza.

Ahora, los esfuerzos de la Secretaría de Ambiente están enfocados en el inicio del trabajo técnico con Cruz del Eje para recuperar la planta de tratamiento de esa localidad para atender la región de Punilla norte.

Vale recordar que ya vienen funcionando las plantas de tratamiento de Villa Carlos Paz, Villa Dolores, Calamuchita, Leones y Laboulaye. A través del área de Residuos Sólidos Urbanos de la Secretaría, con inspecciones periódicas, se sostienen en condiciones de funcionamiento aceptable todos estos sitios de disposición.

Los RSU están logrando la atención necesaria que merecen; actualmente, desde el punto de vista socioambiental, se los posiciona como una oportunidad para desarrollar productos que pueden pasar a ser insumos para otra actividad. Esto se logró a través de la sinergia entre la Secretaría de Ambiente, la empresa Holcim y la planta de tratamiento de Villa Carlos Paz.

Una problemática por solucionar se basa en el pensamiento municipal, el cual debe entender que el correcto tratamiento de la basura arranca en sus habitantes. Hasta el momento, solamente con Villa Carlos Paz se está haciendo este trabajo. A futuro, incorporar otras localidades en esta modalidad es visto con buenos ojos desde el gobierno, siempre que se haga un correcto trabajo previo y ordenado.

El director de Conservación de la Biodiversidad y Recursos Naturales de Córdoba ha propuesto analizar nuevas tecnologías basadas en descentralizar los rellenos sanitarios con otros predios ubicados a 60/70 km de Córdoba y utilizando la Red de Accesos a Córdoba (RAC); determinando de esta forma cinco predios para plantas de tratamiento. Cada una trataría 400 toneladas diarias, conformando la producción total del Gran Córdoba.

En el resto de la provincia la solución pasa por el Programa Córdoba Limpia, con los vertederos que son para centros urbanos chicos, de no más de 100 mil personas.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



6.2. Público Objetivo

Este proyecto tiene como público objetivo al municipio de la ciudad de Córdoba, encargado de abastecer de energía a la población y asegurar buenas condiciones ambientales para el crecimiento y desarrollo próspero de sus habitantes.

Por un lado, se contempla el tratamiento de disposición final de los residuos en los rellenos sanitarios y, por el otro, se encuentra la generación de energía eléctrica, la cual se inyectará en el Sistema Argentino de Interconexión.

En el predio de Piedras Blancas se depositan o se han depositado los residuos, además de la ciudad de Córdoba, de dieciocho municipios del área metropolitana de Córdoba entre los que se encuentran: Villa General Belgrano, La Falda, La Calera, Despeñaderos, Ríos Ceballos, Unquillo, Corralito, La Cumbrecita, Saldan, Malvinas Argentinas, Villa Allende, Alta Gracia, José de la Quintana, Santa Mónica, Valle de Anisacate, Los Aromos, La Bolsa y Juárez Celman.

De acuerdo con el Estudio de Impacto Ambiental Ampliación del Predio de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos de Piedras Blancas, realizado por la Corporación Intercomunal para la Gestión Sustentable de los Residuos Sólidos Urbanos del Área Metropolitana de Córdoba (Cormecor), por la Provincia y la Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental de la Nación, el predio de Piedras Blancas podría generar hasta cinco megavatios de potencia, siempre y cuando se aprovechen las emisiones que generan los residuos sólidos urbanos soterrados; esta potencia tiene la capacidad necesaria para abastecer a más de dos mil viviendas de energía eléctrica si se estima un promedio de cuatro habitantes por hogar.

La problemática de los residuos sólidos urbanos comienza con el desarrollo de la sociedad moderna en la que vivimos, y tiene origen en causas de diferente naturaleza. Desde el rápido crecimiento demográfico, la utilización de bienes materiales de rápido deterioro o no degradables, hasta causas más complejas que obedecen a una ineficiente gestión integral de residuos acompañada de fuertes intereses políticos y económicos.

Cada habitante genera aproximadamente un kilo de basura por día, que es depositada en uno de los 130 predios de disposición final o, en el peor de los casos, en los cientos de basurales a cielo abierto que se forman en el país.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



La ciudad de Córdoba genera residuos sólidos urbanos y asimilables que, hasta el año 2010, eran depositados en el sur de la ciudad, en el predio de Bouwer ubicado sobre la Ruta 36; y que actualmente, en forma provisoria, son dispuestos en el Relleno Sanitario de Piedras Blancas. Los vecinos de zona sur y organizaciones de la sociedad civil han realizado reclamos formales a las autoridades municipales solicitando el cierre del predio transitorio y su remediación, que hasta el día de hoy no tienen respuesta, a pesar de los compromisos asumidos por las autoridades.

Frente a la inacción de las autoridades municipales, se considera necesario alcanzar un manejo adecuado de los residuos sólidos a través de la participación y compromiso tanto del gobierno, industria, comercio y sociedad en general. Son las autoridades municipales las más indicadas para elaborar un marco general de información confiable y actualizada que permita a sus municipios planear y programar acciones e inversiones para poder afrontar los problemas relacionados con los desechos sólidos, desde la generación hasta la disposición final.

6.2.1. Marco Legal

La problemática global de los RSU ha sido tratada y regulada en diferentes instrumentos internacionales y nacionales con el fin de minimizar los efectos nocivos y adecuar las legislaciones con políticas públicas sustentables y acorde a las realidades concretas de cada país/provincia.

Con la reforma constitucional de 1994, se han incorporado a nuestra Constitución Nacional (CN) nuevos derechos y garantías, entre los cuales encontramos el derecho a un ambiente sano. Este reconocimiento implica a su vez el dictado de leyes específicas que tiendan alcanzar una protección integral y específica del bien jurídico en cuestión.

A nivel nacional por imperativo constitucional, según el artículo 41 de nuestra carta magna, corresponde a la Nación dictar las leyes de presupuestos mínimos y a las provincias las necesarias para complementarlas. Todo aquello que exceda el “protectorio mínimo” deberá ser propio de las normativas provinciales complementarias.

En materia ambiental nacional se dictó en el año 2002 la **Ley 25.675** General del Ambiente que establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Específicamente en materia de RSU, en el año 2004 se sancionó la **Ley**



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



25.916 de presupuestos mínimos para la Gestión Integral de RSU (GIRSU). Cumpliendo con el art. 41 de la CN en Córdoba, tanto a nivel provincial como municipal se dictaron leyes y ordenanzas complementando las normas mencionadas.

Dentro de las Leyes Provinciales vigentes encontramos:

- La Ley 9.088 de Residuos Sólidos Urbanos y Asimilables, la cual aplica a la generación, transporte, tratamiento, eliminación y disposición transitoria o final de residuos sólidos domiciliarios, derivados de la poda, escombros, desperdicios de origen animal, enseres domésticos y vehículos en desuso y todo otro residuo de características similares producidos en las actividades urbanas, con excepción de aquellos que por sus características deban ser sometidos a tratamientos especiales antes de su eliminación.
- La Ley 8.973 de Residuos Peligrosos y su Decreto Reglamentario 2.149/03, de aplicación a la generación, transporte y tratamiento de residuos considerados peligrosos.
- La Ley 7.343, que establece los Principios rectores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente en la Provincia de Córdoba.
- La Ley 10.208: establece en su artículo 95 que quedan excluidos del alcance de esta Ley las áreas destinadas al acopio para la clasificación, separación, valoración y relleno sanitario de los residuos sólidos urbanos, siempre que cuenten con el permiso correspondiente de la Autoridad de Aplicación.
- Resolución N° 372/01 de la Agencia Córdoba Ambiente, que establece los “Términos de referencia para instalaciones para el destino final de residuos domiciliarios o asimilables”.

A su vez, existen Normativas Municipales como la Carta Orgánica Municipal cuyo art. 26 dice: “El municipio desarrolla políticas y programas sociales dirigidos a la promoción humana y a la mejor calidad de vida.” Además, el Artículo 28 se refiere a la especial protección del ecosistema humano, natural y biológico, y en especial el aire, el agua y el subsuelo, eliminando y evitando todos los elementos contaminantes no aceptables que puedan afectarlo. Por su parte el Artículo 33 reconoce a la salud como un derecho fundamental del hombre desde su concepción y, en consecuencia, garantiza su protección integral como bien natural y social. Otras Normativas se contemplan en:



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



- Ordenanza 8.978: especifica infracciones contra la ecología y el medio ambiente humano, definiéndolos como aquellos actos de los ciudadanos, instituciones y organismos privados o del Estado, que atenten, promuevan o causen daños contra el medio ambiente humano y/o hagan peligrar la salud, la higiene.
- Ordenanza 9.612: en su artículo 1º establece que "... tiene como objeto regular, en el ámbito del Municipio de la Ciudad de Córdoba, la generación, manipulación, operación, transporte, tratamiento y disposición final de las distintas categorías de residuos, desechos o desperdicios; como también todo otro tipo de actividades involucradas en las etapas mencionadas."
- Decreto 144-E-99 sobre Residuos, Deshechos o Desperdicios, que reglamenta la Ordenanza 9.612.
- Ordenanza 9.847 E.I.A de la Municipalidad de Córdoba: regula el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.) para todos aquellos proyectos y actividades, tanto públicos como privadas, que degraden o sean susceptibles de degradar el ambiente y sus recursos. Asimismo, establece que deberán someterse al Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental la gestión de residuos convencionales y no convencionales.
- Acta Compromiso entre la Municipalidad de Córdoba y los vecinos de fecha 31 de marzo del año 2010. El municipio firmó junto a los habitantes de zona sur un acuerdo que tiene como puntos principales la creación de una comisión de seguimiento integrada por ambas partes (vecinos y técnicos) para facilitar el monitoreo del enterramiento sanitario en el predio de ruta 36. Además, el gobierno se comprometió a realizar un estudio ambiental con el fin de desarrollar un plan de mitigación.

Resumida la normativa que rige en la Ciudad de Córdoba en los diferentes órdenes (nacional, provincial y municipal), se evidencia una tendencia instaurada de garantizar una gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU).

En cuanto al marco regulatorio y normativo de la generación de energía eléctrica, el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE), es el encargado de vigilar el cumplimiento de las obligaciones de los diferentes actores del mercado en la jurisdicción nacional.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



El Decreto N° 634/91 del Poder Ejecutivo Nacional y la ley N° 24.065/92 del Marco Regulatorio de Energía Eléctrica, definen las condiciones según las cuales se considerarán los aspectos ambientales en el nuevo esquema de funcionamiento.

El primero, que dispone la reconversión del sector eléctrico, enfatiza en sus considerandos la necesidad de concentrar " la responsabilidad del Estado en el diseño y aplicación de políticas superiores y en la regulación y el control que sean necesarios..." a fin de "compatibilizar el desarrollo del sector con el uso de los recursos energéticos sustitutivos y complementarios, y establecer normas para la protección ambiental y el uso racional de dichos recursos [...] dentro de las leyes y decretos vigentes, la normativa que resulte del Marco Regulatorio a establecer y las directivas impartidas por los órganos competentes del Gobierno Nacional."

La Ley N° 24.065 establece en su Art. 17 que la infraestructura física, las instalaciones y la operación de los equipos asociados con la generación, transporte y distribución de energía eléctrica, deberán adecuarse a las medidas destinadas a la protección de las cuencas hídricas y de los ecosistemas involucrados. Asimismo, deberán responder a los estándares de emisión de contaminantes vigentes y los que se establezcan en el futuro, en el orden nacional por la SEyP.

El inciso k) del mismo artículo asigna al ENRE la facultad de velar por la protección de la propiedad, el medio ambiente y la seguridad pública en la construcción y operación de los sistemas de generación, transporte y distribución de electricidad, incluyendo el derecho de acceso a las instalaciones de propiedad de generadores, transportistas, distribuidores y usuarios, previa notificación, a efectos de investigar cualquier amenaza real o potencial a la seguridad y conveniencia públicas en la medida que no obste la aplicación de normas específicas.

La Resolución SE N° 475/87, en su Art. 1° obliga a las empresas a realizar las evaluaciones de impacto ambiental desde la etapa de prefactibilidad, así como establecer programas de vigilancia y monitoreo durante toda la vida útil de las obras.

La normalización de los procedimientos para el tendido y operación de líneas de transmisión de extra alta tensión y la construcción de subestaciones transformadoras y/o compensadoras, se haya regulada por la Resolución SE N° 15/92, mediante su Manual de Gestión Ambiental respectivo.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

6.3. Competencia

6.3.1. Competidores Existentes

La Provincia de Córdoba es una de las mayores generadoras de energía de nuestro país. Esto se debe en gran parte a la riqueza hídrica de sus suelos, lo que permitió la construcción de grandes represas generadoras de energía.

El servicio que brinda EPEC llega, de manera directa o indirecta, a través de cooperativas eléctricas, a todos los habitantes de la provincia. Estas usinas provinciales conforman un sistema de generación y abastecimiento integrado por:

- Diez centrales hidráulicas:
 - Central Cruz del Eje sobre el Río Cruz del Eje, con una potencia instalada de 1,2 MW.
 - Central San Roque sobre el Río Suquía, con una potencia instalada de 24 MW.
 - Central La Calera ubicada sobre el Río Primero, con 5 MW de potencia instalada.
 - Central Fitz Simon a pie de presa sobre el Río Tercero, con una potencia instalada de 10,5 MW.
 - Central Cassaffouth sobre el Río Tercero, con 17,2 MW de potencia instalada.
 - Central Reolín sobre el Río Tercero, con una potencia instalada de 33 MW.
 - Central Piedras Moras también sobre el Río Tercero, con una potencia instalada de 6,3 MW.
 - Central La Viña sobre el Río de los Sauces, con 16 MW de potencia instalada.
 - Central Los Molinos 1 sobre el Río Los Molinos, con una potencia instalada de 54 MW.
 - Central Los Molinos 2 sobre el Río Los Molinos, con 4,5 MW de potencia instalada.
- Una central hidroeléctrica de bombeo:
 - Central Río Grande sobre el Río Grande, con una potencia instalada de 750 MW.
- Ocho centrales térmicas:
 - Central Bicentenario 466 MW
 - Central Pilar 216 MW
 - Central San Francisco 39 MW
 - Central Villa María – Las Playas 48 MW



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

- Central Rio Cuarto – Las Ferias 32 MW
- Central Levalle 46 MW
- Central Sudoeste 50 MW
- Central Dean Funes 32 MW

A su vez, en la provincia de Córdoba se encuentra una de las centrales nucleares más importantes del país, la Central Nuclear Embalse perteneciente a la empresa Nucleoeléctrica Argentina S.A. (NASA).

Por último, consideramos como competidores a los proyectos de la provincia de Buenos Aires y Santa Fe adjudicados, en el programa de las RenovAr ronda dos, y actualmente comercializando energía eléctrica a través de biogás de RSU. Dentro de la provincia de Buenos Aires se encuentran las Plantas de Generación de Energía Eléctrica C.T González Catán y la C.T Ensenada, ambas con una potencia instalada de 5MW. Y en la provincia de Santa Fe, la C.T. Ricardone II con una potencia instalada de 3,12 MW.

6.3.2. Competidores Directos – Programa RenovAr

Dentro de los competidores existentes en la generación de energía eléctrica en la provincia de Córdoba, encontramos como competidores directos a nuestro proyecto aquellos que generan energía eléctrica a través de energías renovables. Es decir, aquellas fuentes energéticas basadas en la utilización del sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal, entre otras. Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles –como sucede con las energías convencionales-, sino recursos capaces de renovarse ilimitadamente.

Estos proyectos se encuentran dentro del marco de la estrategia RenovAr, programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Tecnología	Localidad	Oferente	Nombre del Proyecto	Potencia [MW]	Precio Adj. [USD/MWh]
Biogás	Rio Cuarto	BIOMAS CROP	C.T. Rio Cuarto I	2	160
Biogás	Rio Cuarto	BIOMAS CROP	C.T. Rio Cuarto II	1,2	160
Biogás	Huinca Renancó	FECOFE COOP Huinca Renancó	C.T. Huinca Renancó	1,62	160
Biogás	Rio Ceballos	POLLOS SAN MATEO S.A.	C.T. Pollos San Mateo	2,4	156
Biogás	James Craik	ACZIA BIOGAS S.L.	C.T. James Craik	2,4	156
Biogás	San Francisco	ACZIA BIOGAS S.L.	C.T. San Francisco	2,4	156
Biogás	Guatimozin	CECILIA DEBENEDETTI	C.T. Enreco	2	156,85
Biogás	Holmberg	BIOGENERADORA CENTRO S.A.	C.T. Biogeneradora Santa Catalina	2	156,85
Biogás	Villa Valeria	ANTIGUAS ESTANCIAS DON ROBERTO S.A.	C.T. El Alegre Bio	1	175
Biogás	Rio Cuarto	CLEANERGY RENOVABLES S.A.	C.T. Jigena I	1	171
Biogás	Rio II	CLEANERGY RENOVABLES S.A.	C.T. Villa del Rosario	1	174,5
Biomasa	General Cabrera	PRODEMAN S.A.	C.T. Prodeман Bioenergía	9	126,55
Biomasa	Ticino	LORENZATI, RUETSCH Y CIA S.A.	C.T. Ticino Biomasa S.A.	3	143,1
Biomasa	Las Junturas	EMERALD RESOURCES SRL.	C.T. Generación Las Junturas	0,5	141
Eólica	Achiras	CP RENOVABLES S.A.	P.E. Achiras	48	59,38
Peq. Hidro	Cruz del Eje	EPEC	P.A.H. Cruz del Eje	0,5	99,85
Peq. Hidro	Las Tapias	EPEC	P.A.H. Boca del Rio	0,5	99,75
Peq. Hidro	Villa de Soto	EPEC	P.A.H. Pichanas	0,5	99,6
Solar	Villa Dolores	ENERGIA SUSTENTABLE S.A.	P.S. Villa Dolores	26,85	51,9
Solar	Arroyo Cabral	EPEC	P.S. Arroyo del Cabral	40	49,97
Solar	Villa María	HARZ ENERGY LLC	P.S. V. María del Rio Seco	20	48,95
Solar	Villa Cura Brochero	HARZ ENERGY LLC	P.S. Cura Brochero	17	49,95

Tabla 1 - Competidores Directos Programa RenovAr⁵

⁵ Dirección Nacional de Infraestructura Energética – Ministerio de Energía – Presidencia de la Nación



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Luego de evaluar y analizar todos los proyectos de generación de energía eléctrica a través del programa RenovAr dentro de la provincia de Córdoba, podemos concluir que no se encuentran competidores directos a nuestro proyecto. Esto se debe a que ninguno de los proyectos anteriormente mencionados genera a través de la misma materia prima y tecnología, energía eléctrica.

6.4. Proveedores

La principal y única materia prima que requiere nuestro proceso son los residuos sólidos urbanos dispuestos en el relleno sanitario de Piedras Blancas, los cuales están gestionados por CORMECOR. Estos, como hemos mencionado en otros apartados, al descomponerse, generan el biogás necesario para producir la energía eléctrica.

El biogás es captado a través de un sistema de captación denominado trincheras horizontales, cuya elección se encuentra justificada más adelante. Para poder realizar las obras de captación y conformar la línea de captación desde los módulos de disposición y la planta generadora, se requieren contar con diversos materiales. Algunos de ellos son:

Materiales e Insumos para Sistemas de Captación de Biogás	
Ítem	Material/Insumo
1	Tuberías y accesorios PEAD
2	Válvulas (mariposas y esféricas)
3	Bombas neumáticas y Grundfos
4	Combustibles y Lubricantes
5	Consumibles de ferretería
6	Suelo Tosca/Colorada/Destape
7	Piedra Granítica 30/50
8	Bentonita

Tabla 2 – Listado de materiales I

Muchos de estos materiales son accesibles en el mercado provincial ya que son de uso general como en la industria de la construcción, industrias alimentarias, entre otras. Estos son las válvulas, fabricantes de cañerías, canteras, bombas y otros accesorios mecánicos.

Como mencionamos anteriormente, la provincia no cuenta con una eficiente gestión de residuos, y en los pocos rellenos sanitarios que cuenta, no trata debidamente sus residuos. Esto es una gran desventaja debido a que, por esta falta de tratamientos, no se encuentran en la región desarrolladas empresas e industrias que puedan abastecer con los materiales que se requiere,



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

por la nula demanda de estos. Dichos materiales como el geotextil, bentonita y algunos accesorios de PVC específicos, se pueden obtener comprándolos a fabricantes que se encuentran en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Mendoza, aunque esto incurre en un aumento de los costos de logística y abastecimiento.

La ventaja de estos materiales se basa en que no caducan y pueden ser almacenados y/o acopiados en la intemperie sin necesidad de construir almacenes. Son versátiles a la hora de manipular y trabajar con ellos.

En cuanto a la negociación con los proveedores, se debe tener en cuenta la logística que implica transportarlos hasta el complejo, ya que muchos son de gran volumen y se requieren camiones de gran porte. A su vez, el precio en muchos de ellos se fija por viaje (flete) y no tanto por el material en sí. En estos casos es conveniente planificar adecuadamente las cantidades necesarias de cada uno de ellos para poder minimizar los gastos en flete. Esto es el caso, por ejemplo, del geotextil que se transporta por m², el precio unitario por m² no fluctúa mucho, pero si el flete de estos. Por ello es conveniente conocer cuántos m² se requerirán para no tener que gastar en dos o más fletes cuando pueden ser transportados por un único camión. Este material a su vez se cobra en moneda dólar.

Los materiales áridos, es recomendable fijar los precios por acopio, congelando el precio de estos por una cierta cantidad y luego pagar la diferencia por flete. Los viajes no pueden ser congelados como el acopio de la cantera, ya que fluctúan con el precio del combustible.

Por último, se deben tener en cuenta todos aquellos proveedores que abastezcan la planta de tratamiento y generación de energía. Los materiales a proveer durante la operación de la planta son los siguientes:

Materiales e Insumos para PTG	
Ítem	Material/Insumo
1	Tuberías y accesorios PEAD
2	Válvulas (mariposas y esféricas)
3	Combustibles y Lubricantes
4	Materiales Eléctricos
5	Refrigerantes
6	Zeolitas

Tabla 3 - Lista de materiales II

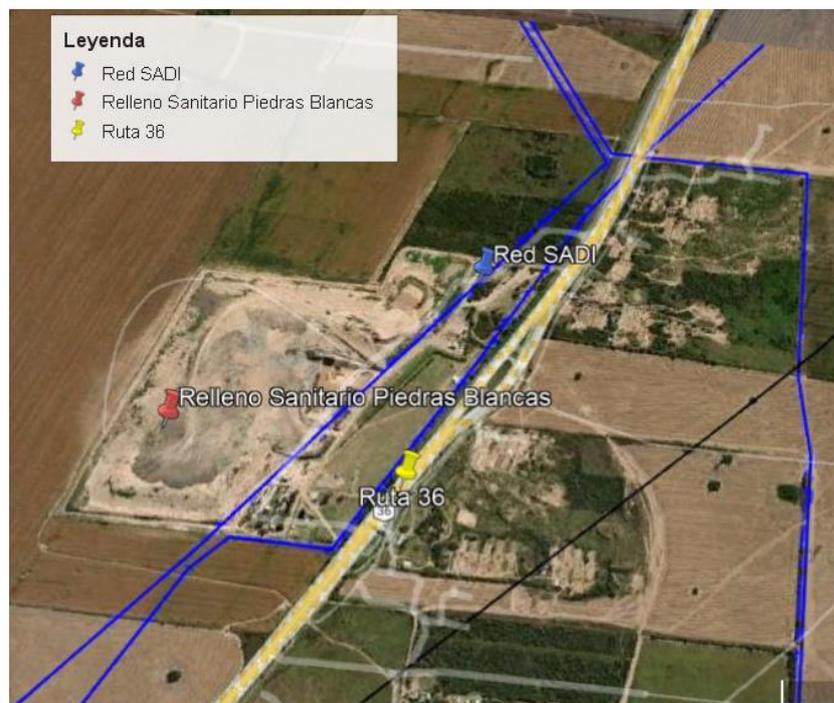


Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

6.5. Comercialización

6.5.1. Canales de distribución

La energía eléctrica generada a través de la valorización de los residuos sólidos urbanos dispuestos en el relleno sanitario de Piedras Blancas será inyectada directamente a la red SADI, la cual pasa por el predio de Piedras Blancas, y a través de EPEC será distribuida dicha energía a los usuarios de consumo final.



Mapa 1 - Red SADI en el predio de Piedras Blancas, Córdoba ⁶

6.5.2. Canales de comunicación

- Capacitaciones
- Noticieros, informativos
- Diarios locales

⁶ SADI Georreferenciado <https://aplic.cammesa.com/geosadi>



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Capacitaciones en escuelas primarias y secundarias

Los chicos son una de las principales herramientas de cambio social. Con sus acciones, ellos podrán ayudarnos a construir un planeta más limpio, seguro y sustentable.

Sería menester crear un programa para que en las escuelas se enseñe de un modo didáctico las prácticas responsables en relación con los residuos. A través de una visita a la escuela, poder capacitar, enseñándoles a los chicos los principios fundamentales de la responsabilidad ambiental en residuos.

De esta manera poder generar conciencia ambiental en los chicos para que se conviertan en el motor de cambio. El futuro depende de ellos.

Las capacitaciones en escuelas están disponibles para nivel inicial, primario y secundario.

Capacitaciones a otras instituciones

Poder brindar capacitaciones a universidades, institutos terciarios, organismos de gobierno, empresas, ONG's, fundaciones, docentes, representaciones extranjeras y organizaciones que estén interesadas en la temática ambiental.

La propuesta consistirá en trazar un panorama sobre la problemática de los residuos, y las tecnologías aplicadas al tratamiento de estos. Trabajar conceptos como el consumo responsable, el reciclaje y la economía circular.

Con experiencia en establecer vínculos con organizaciones en diferentes ámbitos, esta propuesta está diseñada también para incentivar a los participantes a poner en práctica hábitos sustentables en el ámbito donde se desarrolla la capacitación, fomentando campañas de separación en origen, recolección diferenciada, reducción y reutilización.

6.6. Tamaño del Proyecto

Para realizar una introducción, explicaremos brevemente el hecho de las limitaciones ambientales que surgen de la instalación de una planta en el relleno elegido.

La Provincia de Córdoba, y el país en general, tienen una deuda pendiente. Justamente uno de los procesos más contaminantes y que más utiliza recursos no renovables, es el de las centrales térmicas, las cuales aportan más de la mitad de la energía eléctrica de la Argentina 56%,



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

siguiéndole las centrales hidroeléctricas con el 40% y, por último, la más eficiente, la nuclear, que solo produce el 4%.

La temperatura ambiental, que afecta a la temperatura de la masa de residuos, la presión atmosférica o el grado de humedad de los residuos no son parámetros controlables. Incluso la propia composición del residuo que se vierte no es estable a lo largo del tiempo. Todo esto, junto con el hecho, además, de que el biogás de relleno se está formando durante un gran número de años (la duración total de las 5 fases puede llegar a ser de 25 años) hacen que el combustible obtenido en el relleno pueda tener características variables en el tiempo.

De todo el gas generado, aproximadamente entre un 50 y un 60% estará dispuesto para su recolección y, de éste, un 60% estará disponible durante los 10 primeros años, un 35% en los siguientes 10 años y el resto en un plazo posterior de 20 a 30 años.

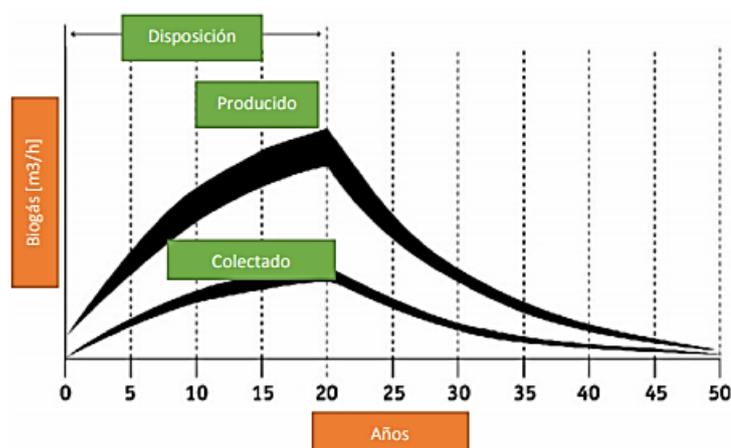


Gráfico 4 - Comportamiento del Biogás

Además, se debe tener en cuenta que durante la fase de maduración empieza a producirse una importante disminución en la producción de los gases en los rellenos. Esto repercute en el aprovechamiento económico del biogás, debido a que las emisiones son aprovechables energéticamente de manera rentable sólo a una intensidad y composición determinada.

En cuanto al entorno financiero podemos mencionar que el proyecto se encontraría dentro del marco licitatorio del programa RenovAr ronda III (miniren), siendo el precio adjudicado para proyectos de biogás obtenido a través de RSU de 160 USD/MWh aproximadamente.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



La potencia instalada que generaría la planta se evalúa en base a las toneladas diarias que recibe el relleno, el comportamiento del biogás a través del tiempo, y los años en los que el relleno estará activo y recibirá residuos.

Para poder analizar el comportamiento del biogás a través de los años y la descomposición de los residuos se realiza una modelización para proyectar en el tiempo los diferentes flujos del mismo. Dicha modelización fue realizada en junio del presente año por la empresa argentina INSAAP S.A. (Ingeniería y Servicios Ambientales Aplicados Sociedad Anónima) y se detalla en apartados más adelante.

Luego de haber analizado la información arrojada por la modelización del flujo de biogás y conociendo que el relleno recibe aproximadamente 2.000 toneladas diarias, podemos concluir que es factible tanto técnica como económicamente que la planta de generación posea una potencia instalada de 5MW. Con esta generación, a nivel provincial se busca alcanzar un total de 8.600 hogares siendo aproximadamente un 3,09% del total de la provincia de Córdoba.



CAPITULO 2

ASPECTOS TECNICOS

*Localización, Ingeniería, Distribución de Planta,
Transporte y Distribución, Tratamiento, Disposición y
Control de Contaminantes*



7. Aspectos Técnicos

7.1. Localización del Proyecto

Para poder definir la localización del proyecto, se lleva adelante un análisis a nivel macro y micro, considerando todos los aspectos críticos que influyen en forma directa en la toma de decisión, a fin de encontrar la zona que presente las mayores ventajas competitivas.

7.1.1. Macro Localización

Dada las características del proyecto, describiremos brevemente que es un relleno sanitario y por qué la necesidad de situarnos dentro de uno.

La ASCE (American Society of Civil Engineers) define al Relleno Sanitario como una técnica para la disposición final de los residuos sólidos en un terreno, sin causar perjuicio para el ambiente y sin ocasionar molestias o peligros para la salud, el bienestar y la seguridad pública. Este método, requiere para su ejecución de la utilización de principios de ingeniería, posibilitando confinar los residuos en la menor superficie posible, reduciendo su volumen al mínimo.

Indicado simplemente, un relleno sanitario o también denominado vertedero sirve como una instalación administrada y diseñada en o sobre la tierra donde se depositan los residuos sólidos. Estas instalaciones se diferencian de los basurales u otros sitios de desechos donde los mismos no se han gestionado o la instalación no tiene estructuras de ingeniería asociadas con la deposición de desechos. Los rellenos más modernos están diseñados para prevenir la propagación de la contaminación, incendios y enfermedades que pueden presentarse en desechos muy antiguos en basurales.

Los rellenos sanitarios de hoy en día generalmente están sujetos a requisitos reglamentarios, comenzando con qué tipos de desechos son aceptables para la deposición y continuando con el diseño característico de las celdas de contención. La mayoría de las veces esta contención busca prevenir la infiltración de agua en el sistema, la lixiviación de líquidos fuera de la celda (es decir, en forma de lixiviados), y la gestión adecuada del biogás de vertedero generado dentro de la masa de residuos. En Argentina, suelen ser áreas determinadas de tierra que reciben residuos sólidos domiciliarios, industriales, comerciales y/o lodos no peligrosos.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

Para definir la región donde se ubicará el proyecto, se han preseleccionado tres de las provincias del país con mayor concentración poblacional, que, a su vez, poseen rellenos sanitarios para la gestión de sus residuos y en los cuales se disponen grandes volúmenes anuales de RSU. Dichas provincias son: Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. En la siguiente matriz se han evaluado cada una de las alternativas respecto a los factores más importantes para el proyecto y se han ponderado como se muestra a continuación:

FACTORES		VALORACION	PUNTAJE DE LAS ALTERNATIVAS					
			BUENOS AIRES		CORDOBA		SANTA FE	
			Puntaje	Ponderacion	Puntaje	Ponderacion	Puntaje	Ponderacion
Climaticos	Temperatura Ambiente	10	7	70	8	80	9	90
	Humedad	10	9	90	8	80	7	70
	Precipitaciones (lluvias)	10	10	100	7	70	7	70
	pH	9	7	63	7	63	7	63
Comerciales	Proximidad a mercados de insumos	9	9	81	9	81	9	81
	Proximidad a conexión SADI	10	9	90	9	90	7	70
Laborales	Mano de obra especializada	7	9	63	9	63	9	63
	Clima Sindical	6	7	42	8	48	8	48
Infraestructura	Agua	8	9	72	9	72	9	72
	Energía Eléctrica	9	9	81	9	81	9	81
	Combustibles	8	9	72	9	72	9	72
Operacionales	Tratamiento Rellenos Sanitarios	10	6	60	9	90	8	80
	Cantidad de RSU dispuestos	9	8	72	9	81	5	45
	Antigüedad de los RSU	9	6	54	8	72	7	63
	Rutas de Acceso	9	9	81	9	81	9	81
Sociales	Cercanía a urbanización	7	9	63	9	63	9	63
	Servicios de Salud	7	9	63	7	49	6	42
	Servicios de Seguridad	7	7	49	9	63	6	42
	Problemáticas con la temática	8	9	72	9	72	8	64
TOTAL			1338		1371		1260	

Tabla 4 - Matriz de Localización

Los aspectos más relevantes al proyecto son las condiciones climáticas que afectan la generación del biogás en los módulos de disposición final, la existencia de un tratamiento adecuado de estos residuos y la proximidad a la red SADI para inyectar la energía eléctrica generada.

Los puntajes para cada zona se han establecido en base a la proximidad del relleno con el escenario ideal de las condiciones. Por ejemplo, si es favorable una temperatura de 20 grados, Santa Fe es la provincia más cercana a cumplir dicho requisito todo el año; en cambio para la humedad, quien tiene mayor porcentaje es la provincia de Buenos Aires. El pH por su parte se



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



mantiene constante para todos los sitios considerados. Respecto a la cercanía de la red SADI, el relleno de Santa Fe es el que se encuentra a mayor distancia.

En la actualidad, la capital de Córdoba es la segunda aglomeración urbana más grande del país después del Gran Buenos Aires. A su vez, la provincia de Córdoba tiene una tasa de generación de residuos de 3.780 toneladas diarias, siendo esta el tercer distrito urbano de mayor generación a nivel nacional. Encontrándose, en primer lugar, la provincia de Buenos Aires con 19.665 toneladas diarias y en segundo lugar CABA con 5.792 toneladas diarias ⁷. A su vez, en la provincia de Buenos Aires, específicamente en el AMBA, actualmente el tratamiento y disposición final de los residuos lo realiza la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), la cual a través de las firmas Industrias Juan F. SECCO y Benito Roggio Ambiental, genera energía eléctrica a través del uso del biogás de los RSU.

Por tal motivo, se decide desarrollar el proyecto en Córdoba, entendiéndose las problemáticas actuales de basurales a cielo abierto y la falta de gestión de residuos adecuada.

7.1.2. Micro Localización

Dentro de la provincia de Córdoba, se cuenta con seis rellenos sanitarios y 300 basurales a cielo abierto; dado que el relleno de Piedras Blancas recibe los residuos provenientes de la capital y el área metropolitana, se decide llevar a cabo el proyecto en dicho predio ya que se cuenta con el volumen necesario de masa de residuos capaces de generar suficiente biogás para la generación de energía eléctrica.

De los relevamientos preliminares, se desprende que el sitio de tratamiento y disposición final de residuos Piedras Blancas, se encuentra con instalaciones e infraestructuras no apropiadas, producto de su propia génesis, al concebirse como transitorio. Sin embargo, dado que ingresa una cantidad considerable diaria de desechos, se cuenta con buenos accesos al predio y servicios esenciales.

En cuanto a la disponibilidad de mano de obra, al estar a tan solo 13 km del centro de la ciudad, se puede contar con gran oferta de capital de trabajo, sin grandes inconvenientes para su traslado

⁷ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Coordinación de Residuos Sólidos Urbanos.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

al lugar. Siendo Córdoba una de las provincias con mayor actividad industrial y agropecuaria, cuenta por este motivo con mano de obra calificada.

7.1.3. Clima

Tanto para la localización como para el proceso de generación de Biogás, las condiciones climáticas tienen un papel fundamental.

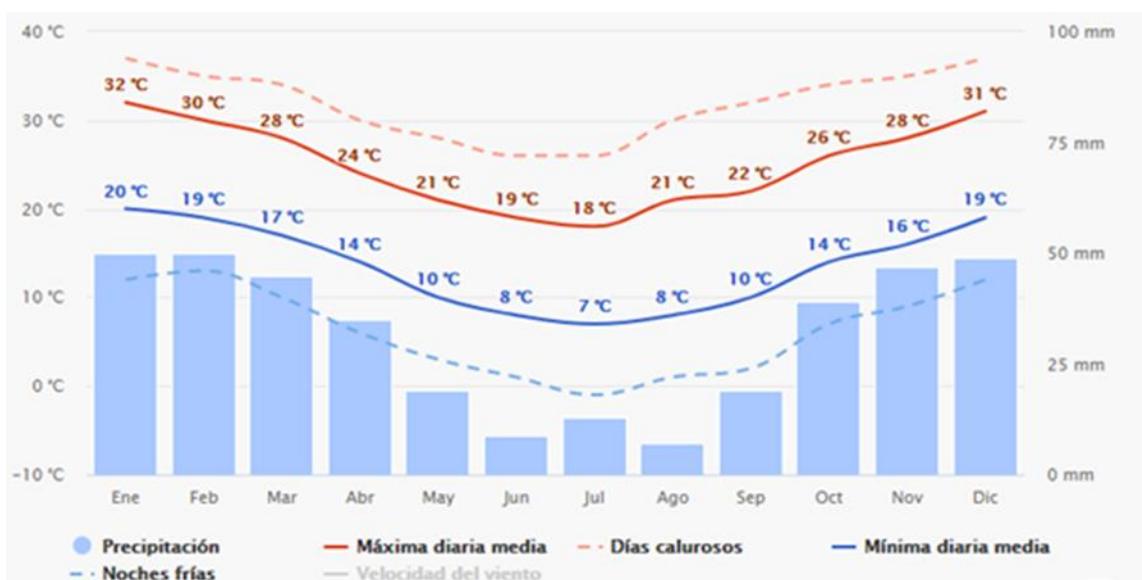


Gráfico 5 - Clima en la Provincia de Córdoba 2020⁸

La temporada calurosa dura casi 4 meses, del 15 de noviembre al 9 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es mayor a 27 °C. La temporada fresca dura casi 3 meses, del 20 de mayo al 13 de agosto, donde la temperatura máxima promedio diaria es menos de 20 °C.

Un día mojado es un día con, por lo menos, 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Córdoba varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 6 meses aproximadamente, del 22 de octubre al 12 de abril, con una probabilidad de más del 23% de que cierto día será un día mojado. En la temporada más seca, la probabilidad mínima de un día mojado es del 3%.

⁸ <https://www.meteoblue.com/>



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



La temporada de lluvia dura 9 meses, del 24 de agosto al 28 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 12 de enero, con una acumulación total promedio de 128 milímetros.

En Córdoba la humedad percibida varía considerablemente. El período más húmedo del año dura 5 meses aproximadamente, del 22 de noviembre al 12 de abril.

Dadas estas condiciones, podemos afirmar que nuestro proyecto será factible, ya que son beneficiosas para la producción de biogás y a su vez para el montaje y operación de la planta.

7.1.4. Zonificación

La normativa nacional a través de la Ley N° 25.916 establece los presupuestos mínimos en términos de las consideraciones que deben tenerse para la instalación, operación, clausura y monitoreo de un relleno sanitario (RS). Entre sus artículos son de destacar los siguientes:

- **ARTICULO 20.** – Los centros de disposición final deberán ubicarse en sitios suficientemente alejados de áreas urbanas, de manera tal de no afectar la calidad de vida de la población; y su emplazamiento deberá determinarse considerando la planificación territorial, el uso del suelo y la expansión urbana durante un lapso que incluya el período de postclausura. Asimismo, no podrán establecerse dentro de áreas protegidas o sitios que contengan elementos significativos del patrimonio natural y cultural.
- **ARTICULO 21.** – Los centros de disposición final deberán ubicarse en sitios que no sean inundables. De no ser ello posible, deberán diseñarse de modo tal de evitar su inundación.

El Relleno de Piedras Blancas se encuentra a una distancia prudente de las zonas urbanas o de expansión futura de los cascos urbanos cumpliendo con el requerimiento de estar por lo menos a 500 metros de cualquier vivienda; cumple, además, con una distancia mínima de 50 metros a cuerpos de agua y está seguro de zonas inundables o con niveles freáticos altos en alguna época del año.

Otro aspecto de gran importancia, que debe cumplir todo relleno sanitario, es que mantenga una distancia de por lo menos de 3.000 metros de aeropuertos internacionales y 1.000 metros de aeropuertos nacionales, lo cual se respeta en este predio. Este requisito se da ya que en los



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



vertederos suelen aparecer una gran cantidad de aves de diferentes especies que sobrevuelan las áreas activas del sitio, por lo cual, si se encontrara un aeropuerto cerca, existirá un gran riesgo de accidentes para la actividad aeroportuaria.

También se consideran las distancias requeridas a parques ecológicos, sitios de conservación biótica o de interés arqueológico.

La instalación, montaje y operación de la Planta de Tratamiento de Biogás y Generación de Energía Eléctrica dentro del relleno sanitario no generará cambios negativos en el medio receptor. Al implantarse en un predio de gran área superficial, distante de toda área donde se desarrollan actividades habituales y habitacionales de la sociedad, los ruidos del montaje y post operación de esta no afectarán la vida de las personas ni de otras especies.

7.2. Ingeniería del Proyecto

7.2.1. Planificación de la Capacidad

Para poder planificar la capacidad de generación de energía eléctrica se debe comenzar con el cálculo de la capacidad de generación de biogás del relleno sanitario bajo estudio. Para ello, la compañía INSAAP S.A. realizó modelizaciones de generación de biogás y su comportamiento a lo largo del tiempo para poder conocer el volumen de gas que podría generar la masa de residuos dispuesta en el vertedero, y en base a dicha modelización poder calcular posteriormente cuánta energía se podrá generar. Dicha modelización se detalla en el Anexo I.

7.2.2. Capacidad Instalada y Efectiva

Una vez obtenida la modelización de generación de biogás, es posible estimar el nivel de caudal de biogás el cual se encuentra próximo a los 1.900 m³/h en el inicio de la captación y puede llegar a un máximo de 7.160 m³/h en la etapa de madurez, manteniendo un flujo superior a los 2.100 m³/h hasta noviembre del 2024.

Dada la curva de captación preliminar que surge de la modelización y, considerando que el gas posee un 40% de metano, se puede estimar una generación de energía que oscila entre 1.500 y 5.000 KW, lo que concuerda con el modelo presentado.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

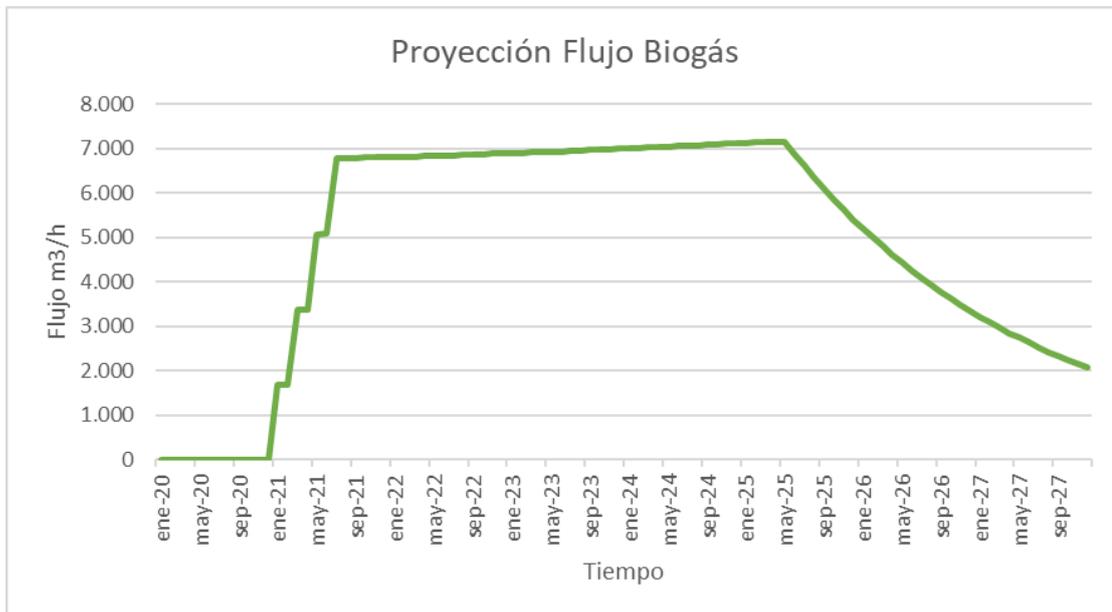


Gráfico 6 - Proyección de Flujo de Biogás⁹

La energía eléctrica a generar es estimada en función de la potencia disponible y un factor de disponibilidad de 85 % por mantenimiento.¹⁰

7.2.3. Selección de Tecnología

7.2.3.1. Sistema de Captación

El funcionamiento satisfactorio de cualquier sistema de biogás requiere el correcto funcionamiento de cuatro actividades principales. Éstas incluyen:

1. Monitoreo de biogás, utilizando sondas que normalmente se colocan alrededor del perímetro del vertedero.
2. Extracción y recolección de biogás mediante pozos y/o trincheras.
3. Recolección, bombeo, almacenamiento y tratamiento del condensado de biogás.
4. El tratamiento, la eliminación o el uso de biogás mediante sopladores, antorchas o equipos de recuperación de energía.

El nivel de esfuerzo requerido para administrar adecuadamente un sistema de biogás dependerá de factores tales como si hay recuperación de energía, el tamaño de la operación, los problemas

⁹ Modelización realizada por la empresa INSAAP S.A.

¹⁰ Generación de electricidad a partir de biogás capturado de residuos sólidos urbanos – BID NOTA TÉCNICA N° IDB-TN-1260 marzo 2017



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

encontrados, los objetivos operativos, si existe un programa de mantenimiento proactivo, etc. En general, las siguientes actividades deben realizarse de forma regular (es decir, al menos una vez al año):

- Monitoreo del campo de colección.
- Seguimiento de la migración de biogás.
- Revisar el cumplimiento normativo y los permisos de las instalaciones.
- Mantenimiento de la instalación.
- Minimizar el impacto ambiental de la instalación.
- Inspecciones de seguridad.
- Optimización de las operaciones de las instalaciones.

Existen varios beneficios asociados con el uso de biogás como fuente de energía.

El metano de vertedero se considera un combustible de grado bajo a alto, dependiendo de cuánto se procese, que se puede utilizar de manera beneficiosa para la generación eléctrica, la calefacción y otras aplicaciones. Los ingresos generados a través de la venta de energía de biogás pueden reducir los costos asociados con la operación y el mantenimiento del vertedero. La energía renovable de biogás también puede generar ingresos mediante la venta y transferencia de créditos de reducción de emisiones. Además, la recuperación de energía puede reducir el potencial de migración y olores no deseados de biogás.

En la actualidad, existen dos tipos de tecnologías para la captación de biogás. Estas son:

1. Pozos verticales
2. Sistema de trincheras horizontales

El sistema de campo de **pozos verticales** de biogás se compone de una red de pozos o colectores en el relleno sanitario, junto con tuberías de transporte de biogás a una instalación de tratamiento y valorización de este.

Los pozos de extracción verticales se instalan comúnmente en la masa de residuos del relleno sanitario interior para el control de emisiones de biogás y la recuperación de energía, una vez que se han completado las operaciones de llenado. También se instalan a lo largo del perímetro del vertedero para el control de la migración de biogás.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

Los componentes principales de un sistema de Pozos Verticales son:

- Pozo de extracción
- Tuberías laterales
- Cárcamos/trampas de condensado
- Colector principal

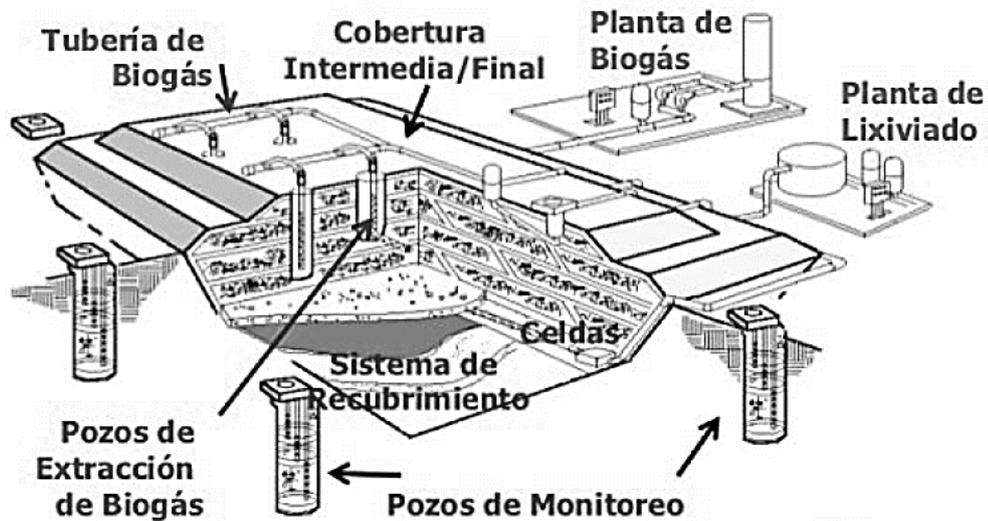


Gráfico 7 - Diseño Típico de un Sistema de Colección por Pozos Verticales

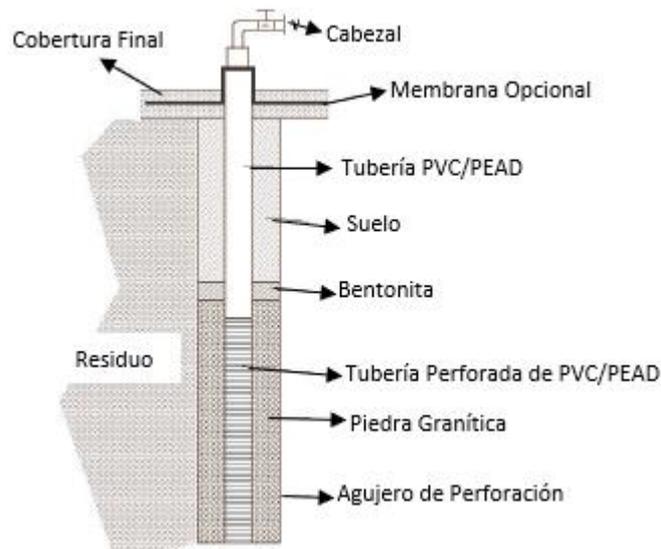


Gráfico 8 - Diseño de Pozo Vertical de Extracción de Biogás



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



La instalación de pozos horizontales, comúnmente llamados **trincheras de captación**, sirve como otro método eficiente de recolección de biogás, particularmente en los vertederos que aún se están llenando activamente. Una vez que se ha colocado y compactado un elevador de residuos en el vertedero, se instalan tuberías de recolección perforadas y se coloca otra capa de residuos encima. Esto permite la recolección de biogás directamente debajo de un área de llenado activa.

Este es un método de captación de biogás el cual se materializa realizando excavaciones en el orden de 100 metros de longitud por una profundidad de entre 5 a 6 metros sobre el manto de residuos ya dispuestos. La misma se realiza aprovechando la pendiente del módulo de disposición de residuos, a fin de que en su extremo inferior (cota más baja) se gestionen los líquidos condensados a través de un sistema de válvulas y sifones hacia los drenes de captación de líquidos lixiviados del sistema. Y en la parte superior se remata con un cabezal vertical donde se captará y regulará el biogás a tubería de colección a través de una válvula de regulación y sample port para realizar mediciones.

La trinchera en sí está conformada en el seno de los residuos por una tubería de HDPE ranurada cubierta con un geotextil e inmersa en un dren horizontal de piedra partida. Las sucesivas trincheras de captación se ejecutan unas de otras a una distancia de 12 metros a fin de que la influencia de ella no entre en conflicto con la más cercana. La trinchera en su cota superior se cubre con suelo de cobertura, tosca con adición de bentonita en polvo, la cual es hidrocópica y le aporta al suelo propiedades de baja permeabilidad. Esto se realiza a fin de evitar que ingrese oxígeno a la trinchera.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

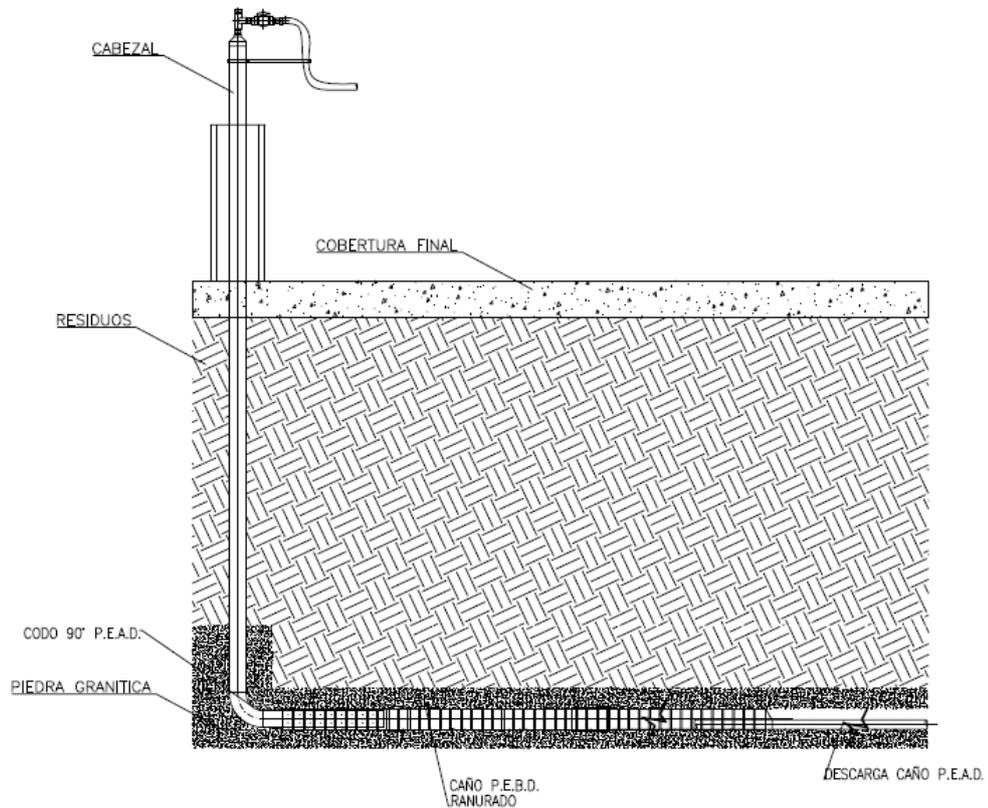


Gráfico 9 - Detalle General de una Trinchera

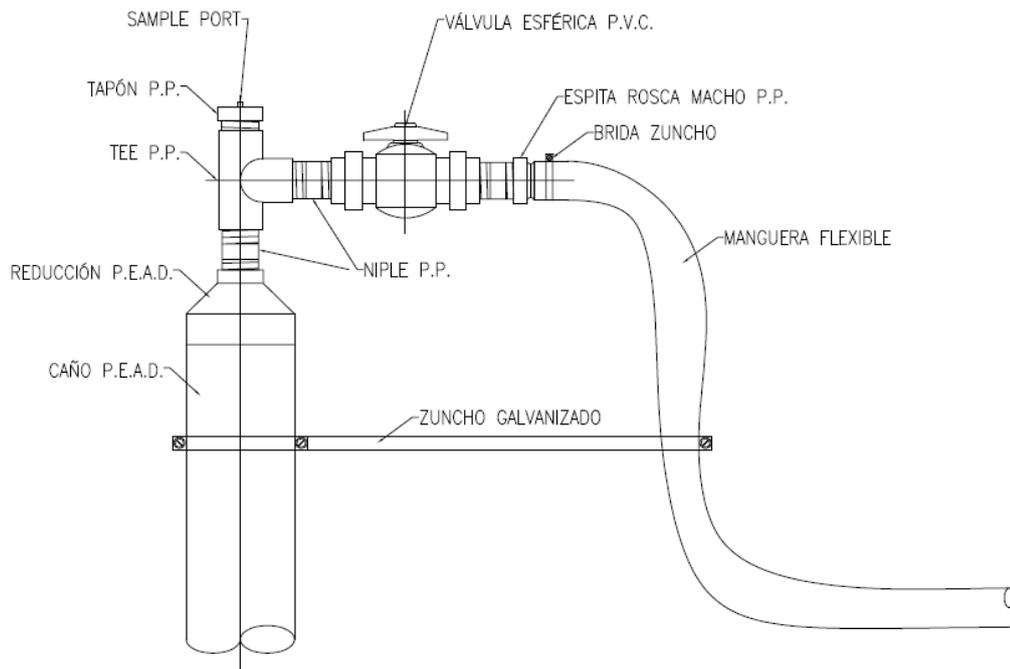


Gráfico 10 - Detalle de un Cabezal de Trinchera



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



A diferencia de los pozos verticales, las trincheras gestionan sus condensados por gravedad, mientras que en el primero, se debe contar con bombas para poder impulsar condensados y lixiviados fuera del pozo y poder captar gas sin tener obstrucciones con los líquidos. El sistema de pozos no es conveniente en rellenos ubicados en zonas húmedas con gran incidencia de precipitaciones. Estas condiciones atmosféricas aumentan la generación de lixiviados en el vertedero, por lo cual, si se contase con un sistema de pozos verticales, se verían incrementados los costos de operación ya que debería contarse con varios elementos auxiliares para que se pueda captar el gas y a su vez gestionar los líquidos en el pozo.

Como se describió en apartados anteriores, el relleno de Piedras Blancas se encuentra en una zona húmeda con alta incidencia de precipitaciones anuales. A su vez la mayor parte de los residuos que se depositan allí son de carácter orgánico por lo cual tendrán mayor índice de degradabilidad y por ende mayor probabilidad de generar líquidos lixiviados. Por ello, se concluye que en dicho vertedero se deberá desarrollar el sistema de captación de biogás de Trincheras a fin de facilitar las operaciones de captación y disminuir los costos asociados a esto.

7.2.3.2. Tecnologías de Generación de Energía

Una vez seleccionada la tecnología a desarrollar para el sistema de colección de biogás, se procedió a analizar las tecnologías disponibles para el tratamiento de dicho gas y la posterior generación de energía a través del aprovechamiento de este.

La mayoría de los proyectos de valorización de biogás en operación utilizan:

- a) Motores de combustión interna.
- b) Turbinas de gas.
- c) Microturbinas.

Los **motores reciprocantes de combustión interna** son los más utilizados ya que presentan alta eficiencia en comparación con las turbinas de gas y microturbinas.

Son de bajo costo por kW en comparación con las otras dos alternativas, y en el mercado existen varios modelos dependiendo del flujo de biogás disponible y el porcentaje de metano en él. La eficiencia de estos motores varía entre 25 y 35%. Existe una desventaja "ambiental" que es la generación de emisiones a la atmósfera que producen este tipo de motores. Al tratarse de



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

proyectos de valorización de gases con gran potencial de efecto invernadero, dichas emisiones de los motores, se equilibran ya que se le da no solo un tratamiento al biogás, sino que se genera energía sustentable a través de este.

El rango de tamaño para proyectos típicos asumiendo 50% de metano en el biogás es entre 8 y 30 m³/min de LFG, y capacidades entre 800 kW y 3 MW; teniendo la alternativa para proyectos de mayor escala, combinar varios motores.

La generación de electricidad utilizando estos equipos requiere de la purificación del gas con la finalidad de reducir las impurezas presentes en él y evitar el deterioro de partes componentes fundamentales de dichos motores. Las tecnologías más desarrolladas están relacionadas con la remoción de dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, y los siloxanos, que son compuestos siliconados fermentados que durante la combustión se convierten en silicatos y cuarzo disminuyendo el volumen de la cámara de combustión y aumentando la relación de compresión y la abrasión del motor. El método más común es la absorción con carbón activado, aunque también se utilizan otros métodos de pretratamiento del gas como absorbentes de gel de sílica, enfriamientos bajo cero en conjunto con absorción líquida, absorción con aminas, o separación con membranas.

En la actualidad, a nivel mundial, existe una gran cantidad de proyectos que utilizan este tipo de motores para la generación de electricidad en diferentes tipos de vertederos, tales como el proyecto del relleno sanitario de Ox Mountain en Estados Unidos de 11 MW, proyectos como el de la compañía Dairyland Poner Cooperative en los Estados Unidos de 4,8 y 5,6 MW, el proyecto del relleno sanitario Belo Horizonte en Brasil de 4.3 MW, entre otros.

En cuanto a las **turbinas de gas**, suelen utilizarse para proyectos que deseen generar más de 5 MW, debiendo contar con flujos de LFG superiores a 40 m³/min. A medida que aumenta el tamaño de la turbina se reduce el costo del kW, mejorando así la generación de energía. Estos equipos cuentan con una eficiencia de 20 a 28%, con la posibilidad de aumentarla a un 40% para casos de cogeneración. Estas, como con los motores, requieren de la eliminación de siloxanos y otras impurezas que dañan a ciertos componentes de estos equipos.

Uno de los proyectos a nivel mundial que utiliza este tipo de tecnología es en el relleno sanitario de Arlington Texas, Estados Unidos, en el cual el biogás generado por los residuos dispuestos en



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

dicho sitio es transportado más de 6 km para generar electricidad en una planta que cuenta con una turbina de 5.2 MW.

Por último, las **microturbinas** son utilizadas en rellenos sanitarios de pequeña índole donde se tiene un flujo menor a 8 m³/min con contenidos de metano inferiores al 35%. Estos equipos son mucho más costosos por kW generado. Este a su vez también debe contar con un pretratamiento del biogás para eliminar los siloxanos presentes en él. En el mercado sus tamaños varían entre 30 a 250 kW.

Por todo lo mencionado anteriormente, se decide utilizar moto-generadores de combustión interna para la generación de energía eléctrica a través del biogás generado por los RSU depositados en el relleno sanitario de Piedras Blancas.

7.2.3.3. Tecnologías de aumento de Metano.

En el mercado actual existen otras tecnologías de valorización del metano conocidas como tecnologías primarias de upgrading. Estas a través de diferentes procesos pueden aumentar el porcentaje de metano de la mezcla de biogás para llevarlo a casi un 99% de CH₄. Algunas de ellas son: Separación de membranas, Adsorción por oscilación de presión (PSA), lavado con amina y lavado con agua.

El producto final obtenido no se utiliza para proyectos de generación de energía eléctrica ya que es un proceso altamente costoso para la venta de energía, por lo cual no resulta rentable. A su vez, los moto generadores trabajan con 40-60% CH₄ y 30% de CO₂, por lo cual no es necesario separar el dióxido de carbono de la mezcla.

En cambio, si se puede utilizar para proyectos de gas natural a través de la transformación del biogás de vertedero o de biodigestores. Para dichos proyectos de venta de gas natural, si se consideran económicamente factibles.

Es de vital importancia aclarar que para llevar a cabo un proceso de upgrading de metano, se debe conocer con gran exactitud las características de los residuos dispuestos en el vertedero/biodigestor, para luego conocer los porcentajes de los compuestos presentes en la mezcla de gas. El proceso es mucho mas controlado y por ende su elevado costo.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

7.2.4. Equipos y Maquinarias

A continuación, se detallan las especificaciones y características principales de los equipos y maquinarias de la Planta de Generación de Energía Eléctrica:

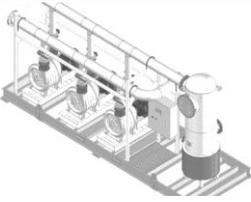
Blowers y Torre Deshumidificadora	
	Fabricante: John Zink
	Velocidad: 3000 rpm
	Potencia: 75 HP // 55.9275 kW
	Frecuencia: 60 Hz
Antorcha	
	Fabricante: John Zink
	Modelo: ZULE (Zink Ultra Low Emissions Flare)
Boosters	
	Fabricante: Continental Industrie
	Modelo: 400
	Velocidad: 3500 rpm
	Frecuencia: 60 Hz

Tabla 5 - Detalle de los Equipos de la PTG



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Intercambiador de Calor y Chiller	
	<p>Fabricante: Aprovis</p> <p>Presión máxima: 3 bar</p> <p>Potencia: 130 kW</p> <p>Frecuencia: 50 Hz</p> <p>Temperatura máxima: 60 °C</p>
Filtros de Partículas	
	<p>Fabricante: Solberg Manufacturing Inc.</p> <p>Tipo de separacion: Multietapas</p> <p>Material: Acero inoxidable</p>
Silos de Carbon Activado	
	<p>Fabricante: Solberg Manufacturing Inc.</p> <p>Material: Acero inoxidable</p> <p>Calidad de gas resultante: Max 2600 mg/m3 VOC's Max 10.0 mg/m3 Siloxanos</p>
BioGas AK Siloxane Removal System (BGA KC)	
	<p>Fabricante: Parker Hiross</p> <p>Consumo: 20 kW/día</p> <p>Presion máxima: 0,4 bar</p> <p>Temperatura máxima: 40°C</p>
Moto-Generadores	
	<p>Modelo: JGC 320 GS-L.L</p> <p>Potencia: 1.501 kW</p> <p>Velocidad: 1500 rpm</p> <p>Frecuencia: 50 Hz</p>

Tabla 6 - Detalle de los Equipos de la PTG



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

7.2.5. Descripción del Proceso

El proceso productivo consta de tres etapas: Captación de biogás, Tratamiento y Acondicionamiento del gas y Generación de energía eléctrica.

Antes de dar comienzo a la descripción de cada una de las etapas mencionadas, se desarrollará la definición de biogás y algunas de sus principales características para que el lector pueda entender luego del proceso bajo estudio sin complejidad alguna.

Biogás

La mezcla de gases que se produce por la descomposición de los residuos sólidos urbanos en un relleno sanitario es denominada Biogás, o internacionalmente conocida como Landfill Biogás (LFG). El LFG es formado cuando bacterias anaeróbicas consumen material orgánico de los residuos depositados en un vertedero. Dichas bacterias causan la descomposición de desechos de comida, papel, madera, etc., en formas más simples como ácidos orgánicos. Estos se descomponen en elementos como metano, dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. La presencia de oxígeno y nitrógeno se debe al aire que existe en el relleno sanitario. Es inflamable y potencialmente explosivo, puede acumularse en espacios confinados y migrar dentro de conductos abiertos, a través de suelos circundantes y en otros lugares.

La generación de biogás en cualquier vertedero se da principalmente por la composición de los residuos, es decir, el tipo y cantidad de compuestos orgánicos presentes en los módulos del sitio. Esto junto con la antigüedad de los desechos depositados, determinará el potencial de generación de biogás. A su vez, se presentan otros factores que impactan sobre la generación de LFG como el contenido de humedad, contenido de bacterias, niveles de pH, la ingeniería aplicada en el relleno sanitario, etc.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Componentes	Porcentaje (base volumen seco)
Metano (CH ₄)	40-60 %
Dióxido de Carbono (CO ₂)	35-45 %
Nitrógeno (N ₂)	< 1-5 %
Oxígeno (O ₂)	< 1-5 %
Sulfuros, disulfuros, mercaptanos, etc	< 0-1,0 %
Amoníaco (NH ₃)	< 0,1-1,0 %
Hidrógeno (H)	< 1-3 %
Monóxido de Carbono (CO)	< 0-0,2 %
Constituyentes en cantidades traza	0,01-0,6 %

Tabla 7 – Composición típica de biogás de RSU ¹¹

Uno de los componentes principales del gas es el metano (CH₄). Este es un potente gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global 21 veces mayor que el dióxido de carbono por lo que en la actualidad cada vez crece más el interés en su recolección y tratamiento ¹². Es uno de los dos componentes resultantes de la descomposición anaeróbica. Es un gas incoloro, inoloro e insípido, más liviano que el aire, relativamente insoluble en agua, y es explosivo en concentraciones de 5 a 15% por volumen en el aire.

El dióxido de carbono (CO₂) es un subproducto de las fases de descomposición aeróbica y anaeróbica. También es un gas incoloro e inodoro, pero es más pesado que el aire, no combustible, y altamente soluble en agua.

Tanto el Oxígeno como el Nitrógeno son encontrados típicamente en las muestras de LFG. Altos grados de estos gases son el resultado de la intrusión de aire en la cobertura del relleno, ingresando así en las muestras de biogás o en el mismo sistema de colección.

El biogás a su vez suele contener pequeñas cantidades de componentes orgánicos volátiles, y varias trazas de otros componentes. La presencia de dichos compuestos se debe a la disposición de ciertos residuos que puedan contenerlos. Sin embargo, algunos también pueden estar presentes debido a procesos de descomposición natural dentro del relleno sanitario (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno de la descomposición de la placa de yeso).

Se han identificado en el LFG hasta 150 compuestos diferentes, principalmente en rangos de partes por millón o partes por mil millones, aunque no todos los vertederos tienen todos estos

¹¹ Guía Operacional de Rellenos Sanitarios – Reporte del Grupo de Trabajo de Rellenos Sanitarios de ISWA 2019

¹² Fuente: Ministry of Environment Ontario, 2008



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



compuestos en su LFG. Estos gases pueden incluir compuestos nocivos, tóxicos o incluso cancerígenos como cloruro de vinilo, benceno, tolueno, xileno, tricloroetileno, sulfuro de carbonilo, siloxanos y varios otros hidrocarburos clorados y fluorados.

Los componentes del biogás se mezclan completamente a medida que se producen durante el proceso de descomposición o cuando se mueven a través del relleno sanitario, y no se separarán en gases separados para fluir en diferentes direcciones.

Una vez que se ha generado el LFG, las fuerzas de convección (movimiento de áreas de mayor a baja presión) y difusión (movimiento de áreas de mayor a menor concentración) pueden hacer que el biogás se mueva a través y fuera del relleno sanitario a través de la ruta de menor resistencia. Si el biogás se mueve fuera del relleno sanitario a los suelos circundantes, se llama migración. Si se mueve a través de la cobertura del vertedero hacia la atmósfera, se llama emisiones. En cualquier caso, el biogás puede tener impactos significativos en el medio ambiente y la salud y seguridad humana. Algunos de estos impactos se analizan a continuación.

Explosiones e Incendios: Como se ha mencionado anteriormente, uno de los componentes más importantes del biogás es el metano. Este gas es altamente explosivo en concentraciones de 5 a 15 % de volumen de aire y en concentraciones menores al 15 % es inflamable.

Toxicidad: El biogás contiene componentes tóxicos y/o cancerígenos. Aunque estos componentes generalmente no son riesgosos para la salud humana, si son liberados a la atmósfera o a cuerpos de agua subterránea pueden crear un peligro potencial para la salud.

Asfixia: Tanto el metano como el dióxido de carbono son asfixiantes. En áreas reducidas donde el biogás se puede acumular, puede presentar un riesgo de asfixia.

Contaminación del aire: Gran parte de las trazas de compuestos encontrados en el biogás son conocidos como constituyentes del smog o como reactivos para la formación de smog. Por lo tanto, el biogás puede contribuir a la contaminación del aire local.

Cambio climático: Como es sabido el dióxido de carbono es conocido como un gas de efecto invernadero. Debido a que el CO₂ de los vertederos no se deriva de combustibles fósiles, sino que es parte del ciclo natural del carbono, por lo general no se considera un contribuyente al cambio climático global. Sin embargo, debido a su mayor capacidad de absorción de infrarrojos,



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

el metano es en realidad un gas de efecto invernadero mucho más fuerte que el CO₂ por un factor de 21 o incluso más en términos de potencial de calentamiento global. Debido a la contribución de CH₄, el biogás no capturado y sin quemar se considera potencialmente un contribuyente significativo al cambio climático global.

Olores: Los olores asociados con el biogás son un gran problema. Estos olores se deben a muchos de los compuestos traza que se encuentran en el LFG, en particular los mercaptanos y el H₂S.

Efectos negativos en la vegetación: Si el biogás lograra migrar a través del suelo puede llegar a desplazar el aire en los espacios intersticiales del suelo, logrando que, si hay raíces de plantas en el área, las plantas puedan asfixiarse y morir.

Contaminación de agua subterránea: Muchos de los COV que se encuentran a menudo en el biogás son solubles en agua. Además, el CO₂ disuelto del biogás puede formar ácido carbónico, que erosiona los minerales de formación provocando aumentos en la dureza y alcalinidad del agua subterránea.

Características Toxicológicas de gases de vertedero:

Componente	Estado Químico	Riesgos para la Salud	TLV	Productos de la Combustion
Amoniaco	Gas picante, olor sofocante	Ojos, nariz, garganta irritada; piel quemada; edema pulmonar; dolor de pecho; espasmo bronquial; corrosivo	25 ppm	NO _x , H ₂ O
Benceno	Líquido de olor dulce	Carcinogenico humano del Grupo 1, irritacion de piel, inhalacion por absorcion, exposicion a corto plazo provoca somnolencia, desvanecimiento, dolor de cabeza e irritacion del sistema digestivo	10 ppm	H ₂ O, CO ₂ , C bajo condiciones no oxidativas
Dioxido de Carbono	Gas	Asfixiante	5000 ppm	Totalmente oxidado
Monoxido de Carbono	Gas	Inflamable, inhibidor de la oxidacion celular luego de su inhalacion	25 ppm	CO ₂
Tetracloruro de Carbono	Líquido de olor dulce aromatica	Posible carcinogenico humano del grupo 2B. Inhalacion de corto termino: congestion hemorragica, edema pulmonar, daño renal, disnea, nauseas, vomitivo y daño gastrointestinal, inflacion del higado, nefritis y nefrosis, erupcion cutanea y depresion del sistema nervioso central (SNC)	5 ppm	CO ₂ , H ₂ O, HCl, fosgeno

Tabla 8 – Características Toxicológicas de los gases de vertedero I



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

Componente	Estado Químico	Riesgos para la Salud	TLV	Productos de la Combustion
Cloroformo	Líquido	Posible carcinogénico humano del grupo 2B; absorción respiratoria, depresión del SNC, anestesia, sensibilización cardíaca, irritación de la piel	10 ppm	CO ₂ , H ₂ O, HCl, fosgeno
Sulfuro de Hidrogeno	Gas (olor a huevos putrefactos)	Inflamable, absorción respiratoria, inhibición de la respiración celular provocando la muerte, coma, convulsiones, apnea, edema pulmonar, irritación ocular, conjuntivitis, dolor de cabeza, tos, insomnio, náusea, desvanecimiento	10 ppm	H ₂ O, SO ₂ , SO ₃
Metano	Gas	Inflamable, explosivo, asfixiante	El limitante es la concentración de oxígeno	H ₂ O, CO ₂
Nitrogeno	Gas	Asfixiante	El limitante es la concentración de oxígeno	Inerte
Hidrocarburos policíclicos aromáticos	Sólidos	Carcinogénico humano del Grupo 1: benzoantraceno, benzopireno, dibenzoantraceno, indeno (1,2,3-cd) pireno	0.2 mg/m ³	H ₂ O, CO ₂ ; C bajo condiciones no oxidativas

Tabla 9 - Características Toxicológicas de los gases de vertedero II¹³

Formación de Biogás

La descomposición de los residuos en un vertedero se produce en varias fases distintas, relacionadas con las condiciones del vertedero. Las fases son:

- I. Fase Aeróbica
- II. Fase Anaeróbica No Metanogénica
- III. Fase Anaeróbica Metanogénica Ácida
- IV. Fase Anaeróbica Metanogénica
- V. Fase Aeróbica

La descomposición aeróbica comienza inmediatamente cuando los desechos orgánicos se depositan en el relleno sanitario y continúa hasta que todo el oxígeno arrastrado se agota de los huecos en los desechos y del interior del material orgánico en sí. Las bacterias aeróbicas producen un producto gaseoso que se caracteriza por temperaturas relativamente altas, alto contenido de CO₂ y ausencia de CH₄. Otros subproductos incluyen agua, orgánicos residuales y calor (en una cantidad tal que aumente la temperatura del relleno sanitario a típicamente 55-70°C)

¹³ Departamento del Ejercito, Estados Unidos



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



La descomposición aeróbica puede continuar durante 6 meses o más dependiendo de la proximidad de los desechos al aire en la superficie del vertedero. Este período de tiempo para la descomposición aeróbica puede acortarse si el biogás rico en CH_4 de abajo elimina el oxígeno de los vacíos en los desechos eliminados.

Después de que todo el oxígeno arrastrado se agota de la basura, la descomposición entra en una fase de transición (acetogénica) durante la cual las bacterias formadoras de ácido comienzan a hidrolizar y fermentar los compuestos orgánicos complejos en los residuos.

La descomposición entra entonces en un largo período anaeróbico que puede dividirse en varias fases distintas. Durante este período, las bacterias formadoras de CH_4 , que prosperan en un ambiente deficiente en oxígeno, se vuelven dominantes. La producción anaeróbica de biogás se caracteriza por temperaturas algo más bajas ($35\text{-}55^\circ\text{C}$), concentraciones de CH_4 significativamente más altas (40-60%) y concentraciones más bajas de CO_2 (35-45%). La producción de gas anaeróbico continuará hasta que se agote todo el material biodegradable o hasta que el oxígeno se reintegre a los desechos, lo que devuelve el proceso de descomposición a condiciones aeróbicas.

La digestión anaeróbica es un proceso biológico fermentativo, en el cual la materia orgánica es descompuesta por la acción de una serie de microorganismos bacterianos, que la transforman en biogás.

En la digestión anaeróbica se emplean diferentes substratos: fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas, aguas residuales industriales, residuos orgánicos industriales y residuos agrícolas y ganaderos. Todos estos substratos son residuos de diferente origen, por lo que su utilización para la obtención de biogás representa una ventaja añadida desde el punto de vista medioambiental.

Los RSU están constituidos por distintos componentes entre los que destacan la materia orgánica, papel y cartón, plásticos, vidrio, metales, material textil y madera.

La FORSU es aprovechada para la producción de biogás en rellenos sanitarios controlados. En este caso, los residuos se descargan, extienden y compactan para evitar las bolsas de aire en su



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

interior, cubriéndose después con tierra u otros materiales apropiados, formando capas regulares sucesivas de espesores variables en módulos de disposición final.

El período degradativo en el relleno es diferente para cada constituyente. Así, la materia orgánica, como es el caso de los residuos alimenticios, se degrada rápidamente.

La degradación es moderada en los residuos de jardín, lenta para el papel, cartón, madera y textiles, y, prácticamente, nula para el plástico, piel y goma. Normalmente, se puede considerar que sólo los residuos alimenticios y de jardín y dos terceras partes del papel contenido en los residuos se degradan para generar biogás en el relleno.

El gas generado, al difundirse a través de la masa de residuo, arrastra trazas de compuestos orgánicos y otros contaminantes gaseosos hasta la superficie del módulo, produciendo emisiones que influyen en el efecto invernadero. No obstante, la captación de este biogás para su aprovechamiento energético o su uso como recurso en procesos de tecnologías avanzadas, permite eliminar los contaminantes atmosféricos peligrosos.

Un regreso a la descomposición aeróbica no detiene la producción de biogás, pero retrasa el proceso hasta que se reanuden las condiciones anaeróbicas.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

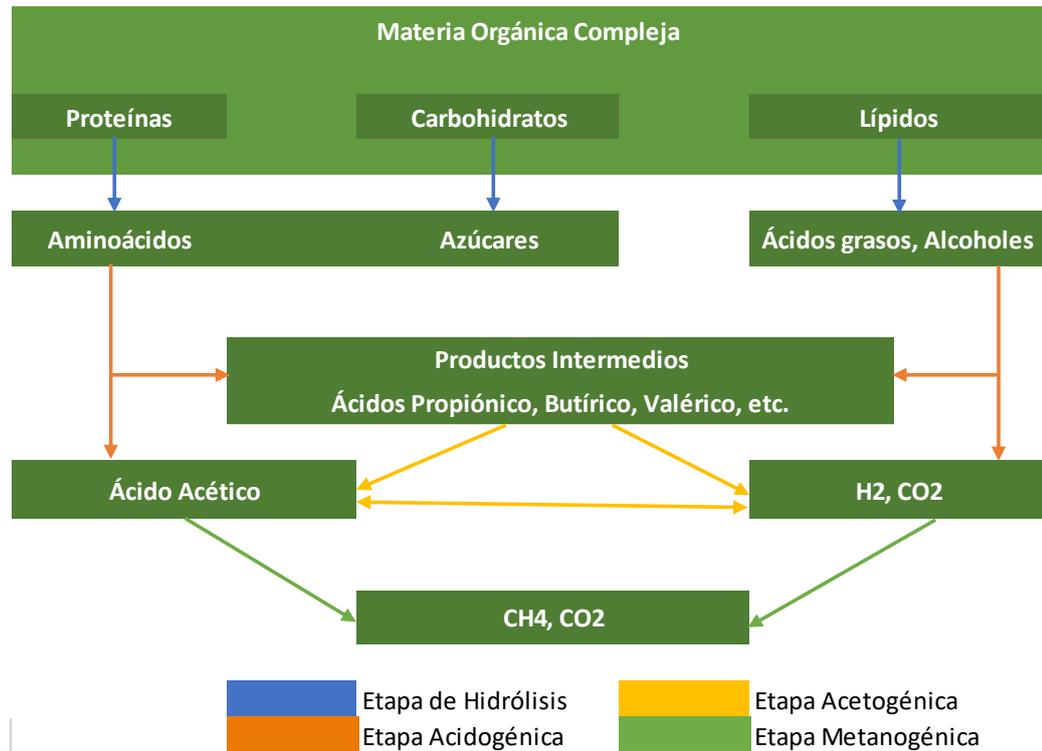


Gráfico 11 - Diagrama del proceso de Generación de biogás

Existen ciertos factores que afectan a la formación de biogás en un vertedero los cuales son:

- Temperatura
- Humedad
- pH
- Condiciones atmosféricas
- Densidad de los residuos
- Antigüedad de los residuos
- Disponibilidad de Nutrientes

Estos condicionantes no solo influyen en la cantidad de biogás generado sino también en la velocidad de generación.

Es de gran importancia conocer las condiciones meteorológicas del predio. Tanto la temperatura ambiente como el índice de precipitaciones influyen en la degradación anaeróbica de los residuos.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Existe una relación directa entre la humedad de los residuos y el tiempo de degradación de estos, pudiéndose afirmar que los vertederos de zonas húmedas producen un caudal mayor de gas durante el periodo de explotación de las zonas secas. No obstante, una vez que el relleno sanitario se cierra, es decir, no ingresan más residuos para disponer, cesan más pronto de producir metano.

Altos contenidos de humedad permiten que los nutrientes puedan trasladarse a diferentes zonas donde hay escasez de estos. Para que la producción de metano no se detenga, el pH debe mantenerse en 7, siendo así beneficioso altos niveles de humedad.

La temperatura ambiente juega un rol importante en la generación de biogás. Si la temperatura de los RSU se encuentra por debajo de los 10°C o por encima de los 60°C, la producción de biogás cae drásticamente. Los rangos óptimos de temperatura de los residuos son: 20-45 °C para las bacterias mesófilas y 45-75 °C para las termófilas. ¹⁴

La temperatura ambiental, que afecta a la temperatura de la masa de residuos, la presión atmosférica o el grado de humedad de los residuos no son parámetros controlables. Incluso la propia composición del residuo que se vierte no es estable a lo largo del tiempo. Todo esto, junto con el hecho, además, de que el biogás de relleno se está formando durante un gran número de años (la duración total de las 5 fases puede llegar a ser de 25 años) hacen que el combustible obtenido en el relleno pueda tener características variables en el tiempo.

De todo el gas generado, aproximadamente entre un 50 y un 60% estará dispuesto para su recolección y, de este, un 60% estará disponible durante los 10 primeros años, un 35% en los siguientes 10 años y el resto en un plazo posterior de 20 a 30 años.

Además, se debe tener en cuenta que durante la fase de maduración empieza a producirse una importante disminución en la producción de los gases en los rellenos. Esto repercute en el aprovechamiento económico del biogás, debido a que las emisiones son aprovechables energéticamente de manera rentable sólo a una intensidad y composición determinada.

A continuación, se describen las etapas del proceso de Generación de Energía Eléctrica a través del biogás generado por los residuos depositados en el relleno sanitario de Piedras Blancas:

¹⁴ Tesis Doctoral 1997 – Dpto. de Ing. Química y Tecnología del Medio Ambiente – Universidad de Oviedo



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

1. Sistema de Captación de Biogás

Para dar comienzo al campo de colección de biogás se proyectan tres etapas de captación de trincheras, y luego se deberá ir ampliando a medida que el flujo disminuya para poder asegurar la generación de energía continua.

La primera etapa se ejecutará en el área donde fueron dispuestos los residuos entre 2015 hasta 2018 construyendo un sistema de captación de treinta trincheras. La segunda etapa deberá realizarse en la zona de disposición actual con un sistema de 20 trincheras de captación. Por último, una tercera etapa en la zona a disponer residuos entre 2022 y 2024, siendo la cantidad de 20 trincheras según disponibilidad de espacio en dicho sector.

Se plantea inicialmente un sistema de recolección tentativo para ser instalado desde una posible ubicación de la planta de succión de gas, desde la cual se desarrolla una cañería principal colectora de PEAD.

Desde ella, se realizarán derivaciones en líneas secundarias para acometer a cada una de las 3 etapas. Cada línea secundaria se vinculará a la principal mediante ramales. Cada ramificación secundaria llevará una válvula mariposa que permitirá sectorizar cada área de trabajo.

De esta manera cada línea secundaria funciona como un colector central vertebral al cual se vincularán las diferentes unidades de captación de recolección de gas, mediante manguera flexible que conectan el cabezal de cada una de ellas con la cañería principal de colección.

Todas las cañerías soterradas, son niveladas y alojadas sobre una cama de arena en una zanja compactada para evitar movimientos de la misma. La zanja luego será rellena con tosca y compactada.

Se dejará prevista una posible cámara de condensados adicional por posicionamientos de la cañería troncal de recolección y conducción de biogás, debido a las necesidades de pendientes de escurrimiento.

Respecto al manejo de líquidos, se considerarán la ejecución de seis drenes verticales construidos en caños de hormigón armado prefabricados, ubicados perimetralmente al módulo, en forma de tela araña para recibir las descargas de líquido proveniente de la red de escurrimiento de la captación de biogás.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Cada dren llevará instalado un sistema de bombeo con tablero independiente y automático. A su vez se considera la ejecución de una línea de baja tensión, para llevar energía a cada estación de bombeo.

Cada descarga de trinchera estará provista de una válvula de accionamiento para descarga y regulación.

2. Planta de Tratamiento de Biogás (PTG)

El sistema de tratamiento y acondicionamiento del LFG es requerido para poder entregar un suministro estable y en condiciones adecuadas a los moto-generadores.

En el ingreso del biogás por la PTG se dispondrá de un *Separador de Condensado*, comúnmente denominado deshumidificador, el cual se encarga de separar las últimas trazas de condensados que provengan de la etapa anterior. Este a su vez posee un medidor que verifica los niveles de líquido en el equipo.

Luego se encontrarán tres *Blowers* encargados de generar la presión de vacío para la captación del biogás, y luego ejercen una presión positiva para enviar dicho LFG a los siguientes equipos. Los mismos no funcionan de manera simultánea, según la cantidad de caudal requerida se enciende uno o dos a la vez dejando, siempre, uno en stand by.

La PTG deberá de disponer de un by-pass de su línea principal para utilizarse en aquellos casos que la planta de generación de energía se saliera de servicio. De esta manera se le daría un tratamiento secundario al biogás, quemándolo en una *antorcha de llama cerrada*. El objetivo del equipo es tratar el gas para que este mismo no impacte de manera negativa en la atmósfera cuando no puede ser aprovechado.

Para poder llevar el control necesario sobre las presiones y temperaturas en las que ingresa el biogás, y el flujo de este, deberá contarse con transmisor e indicador de presión, sensor de temperatura, medidor de flujo másico, termómetros y manómetros.

Luego el proceso continúa con una etapa de compresión. Este sistema está compuesto de tres *Boosters* de presión positiva, también denominados compresores, que tiene una capacidad de presión de descarga de hasta 60 kPa, y cuentan con válvulas de seguridad, transmisores de presión y temperatura en la entrada y salida del gas, switch de baja presión de succión de gas,



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

entre otros. Estos equipos deberán cumplir con las exigencias de entregar a cada uno de los motores generadores un flujo de LFG con presiones mínimas de 24,1 kPa. Estas presiones mínimas se determinan a fin de poder prever las pérdidas de carga que puedan existir por la presencia de los equipos anteriormente mencionados y el recorrido del gas por toda la tubería hasta llegar a los equipos generadores.

El biogás pasa por un sistema de intercambio calórico para poder eliminar algunas impurezas presentes en él para evitar que haya presencia de corrosión. Estos componentes son el ácido sulfhídrico y vapor de agua, que en presencia de dióxido de carbono pueden formar dióxido de azufre, siendo este también muy corrosivo. La eliminación de estos componentes se efectúa a través de la condensación utilizando un *intercambiador de calor* por mazo de tubos ubicado justo en la descarga de los compresores. Este proceso se divide en dos módulos:

- i. En el primero se desarrollará el intercambio gas/gas el cual recalienta el gas antes de la salida con el fin de eliminar todo condensado que pueda formarse en las tuberías, utilizando el biogás caliente de la descarga de los compresores.
- ii. El segundo modulo será un intercambio gas/glicol para poder disminuir la temperatura del LFG hasta 4°C aproximadamente. Se utiliza comúnmente glicol como refrigerante, y este a su vez impulsará al agua y algunas impurezas a condensar y ser eliminados.

El glicol será enfriado a -1,1 °C en un *Skid de refrigeración*, también denominado Chiller, con una bomba y un estanque de este mismo. Para que la mezcla de glicol pueda circular a través del segundo módulo, se deberá contar con una bomba con variador de frecuencia que será accionada por control óptimo de temperatura de biogás. La unidad debe ser diseñada para poder cumplir con la máxima carga de refrigeración con reducción para poder asegurar que el proceso de acondicionamiento de biogás se desarrolle de manera eficiente. Este sistema constará de: un compresor de refrigeración con capacidad de reducción automática, un condensador refrigerado por aire, una bomba de circulación de glicol, evaporador de acero inoxidable y un panel de control.

Todos los condensados serán removidos del intercambiador a través de una trampa automática y drenados hacia el borde del Skid.

Una vez acondicionado el LFG, pasará a través de un sistema de *Filtración de Partículas* para eliminar y remover trazas de partículas sólidas que hayan sido arrastradas con el gas. Se deberá



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

diseñar un sistema de filtros en paralelo a fin de proporcionar el 100% de la capacidad del flujo. Este sistema contará con: un filtro de partículas de acero inoxidable con una malla de polipropileno, sistema de drenaje con trampa de gotas automático por alta presión, drenaje manual en el fondo del equipo, un switch de nivel con alarma por alto nivel, medidor de presión diferencial con indicador para reemplazos de elementos filtrantes, transmisor de presión de salida.

Todas las subetapas anteriormente descritas contarán con sistemas de drenajes de condensados y mezcla de agua con impurezas que serán dirigidos hacia el sistema de tratamiento de lixiviados del vertedero.

Por último, el biogás deberá pasar a través de un sistema de *Remoción de Siloxanos*. Este sistema debe remover por completo todas las impurezas contaminantes del gas. La planta contendrá dos equipos para poder realizar dicha remoción.

Primero la corriente de gas pasara por silos de carbón activado el cual estará dimensionado de manera que la calidad del gas resultante tenga como máximo 26.0 mg/m³ de VOC's y 10.0 mg/m³ de Siloxanos.

Luego deberá pasar por el equipo BGAKC (BioGas AutoKleen Siloxane Removal System), el cual es un sistema de filtración a base de zeolitas que se instala en la línea de suministro del biogás; En condiciones normales, las unidades de filtro de siloxano absorberán estos compuestos hasta 5 años antes de que requiera reemplazo.

Éste a su vez cuenta con dos unidades filtrantes en paralelo que permiten la operación de una de ellas mientras se regenera la otra con aire caliente, que es entregado en temperatura por un compresor integrado al propio sistema Autokleen. El sistema es una pequeña unidad autónoma y su funcionamiento es totalmente automático.

3. Planta de Generación de Energía

Previo al ingreso del biogás hacia los moto-generadores habrá dos equipos de medición del caudal y composición de la mezcla de gas. Estos son: *Medidor de Flujo* y *Analizador de Gases*.

Se dispondrá de un sistema de medición del caudal del LFG el cual estará constituido de: un analizador de gases basado en el principio de Absorción Infrarroja para la medición continua de metano, dióxido de carbono y oxígeno.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Por último, el biogás pasará como combustible hacia 5 moto-generadores. Estos están formados por motores Miller de tiempos GE Jenbacher y generadores STAMFORD con una potencia de 2.005 kVA cada uno. Los mismos contarán con radiadores de aire forzado por electroventiladores. A su vez, se contará con los siguientes accesorios: sistema de pre y post lubricación automático, un precalentador de agua de camisas, sistema de arranque eléctrico, baterías, sistema de reposición automático de aceite, soportes y cables, cargador de baterías acoplado al motor, sistema de escape con silenciador estándar, aislación térmica y sistema de control para inspecciones y toma de mediciones.

Cada uno de los moto-generadores puede entregar a régimen nominal, en bornes de BT y condiciones ISO 3.046, una potencia de 1.501 kW, a tensión de generación de 0,380 kV y frecuencia de 50 Hz, operando en paralelo con la red eléctrica de distribución interconectada al SADI.

Solo 4 de estos se mantienen en funcionamiento y uno en stand by, preparado para funcionar en caso de tener que realizar tareas de mantenimiento.

En estos motores la cámara de combustión funciona de la siguiente manera: La mezcla entra por la válvula de admisión a la cámara de combustión, siendo succionado por el pistón en su carrera de admisión. Una vez llena al máximo la cámara, se cierra dicha válvula y a continuación el pistón inicia la carrera de compresión, reduciendo al máximo el volumen de la mezcla, lo que también aumenta su temperatura y presión; en este momento la bujía genera una chispa para que la combustión suceda. Después de generar dicha reacción la energía liberada impulsa al pistón, en una carrera de expansión, la cual se transforma en energía mecánica en el cigüeñal del motor, es decir la energía que luego se inyecta en la red.

Finalmente, la válvula de escape se abre para dejar salir los gases residuos de la reacción en la carrera de escape del pistón.

Para poder inyectar la energía a la red, se deberán instalar y conectar un transformador elevador trifásico de 2.005 kVA de potencia nominal por cada grupo generador, los cuales en condiciones normales de operación llevarán la energía generada al nivel de tensión de la antena colectora de la central. Dichos transformadores se deberán ubicar en jaulas con batea contenedora de



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



derrames y pórtico con seccionadores fusibles y descargadores de tensión. Estos transformadores son de uso exterior, aislados en aceite de elevado punto de inflamación.

A la antena se vincularán en serie la celda con interruptor automático y protección eléctrica de la central, y un seccionador rotativo de salida de la central. A partir de esta antena colectora, se deberán realizar las conexiones a los seccionadores portafusibles de expulsión, con cable desnudo y morsetería adecuada.

4. Sala de Control y Monitoreo

En el área de oficinas y servicios se instalará la sala de control y monitoreo principal de la planta. En ella los operadores no solo tendrán todo el instrumental necesario para operar propiamente la planta de generación controlando las variables de presión, temperatura, flujo y potencias generadas por los motores, sino que también podrán monitorear el accionar de cada uno de los equipos de la PTG para corroborar su correcto funcionamiento incluso visualizar alertas de cada uno de los detectores de riesgo de incendio y fugas instalados en la entrada y salida de cada equipo.

Para medir y monitorear la calidad y flujo del biogás se utilizarán los equipos de monitoreo mencionados anteriormente, el medidor de flujo y el analizador de gas. Este control será local y a su vez se podrán visualizar bajo una aplicación de telemetría, dichos parámetros de manera remota. Para monitorear el caudal, la temperatura y presión de la PTG se hará por instrumentos independientes.

Todos los controles para poder llevar a cabo la supervisión del sistema se deberán instalar en un Panel de Control, conocido como PLC. Este equipo se deberá programar para que lleve el registro de la totalidad de las variables de control del proceso (incluidos el flujo de gas con totalizador, presiones y temperaturas del proceso), además de las capacidades de control. A su vez, el sistema mostrará todos los mensajes de control y alarmas necesarias para el control del sistema completo.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

7.2.6. Diagrama de Bloques

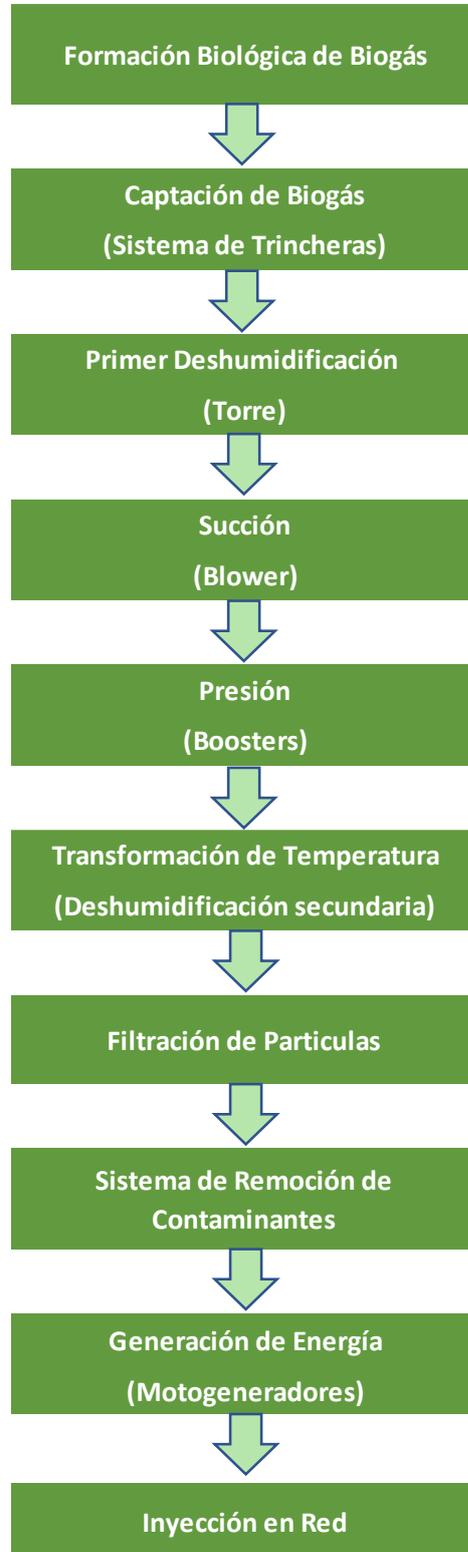


Gráfico 12 - Diagrama de Bloques del Proceso



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

7.2.7. Diagrama de Flujo

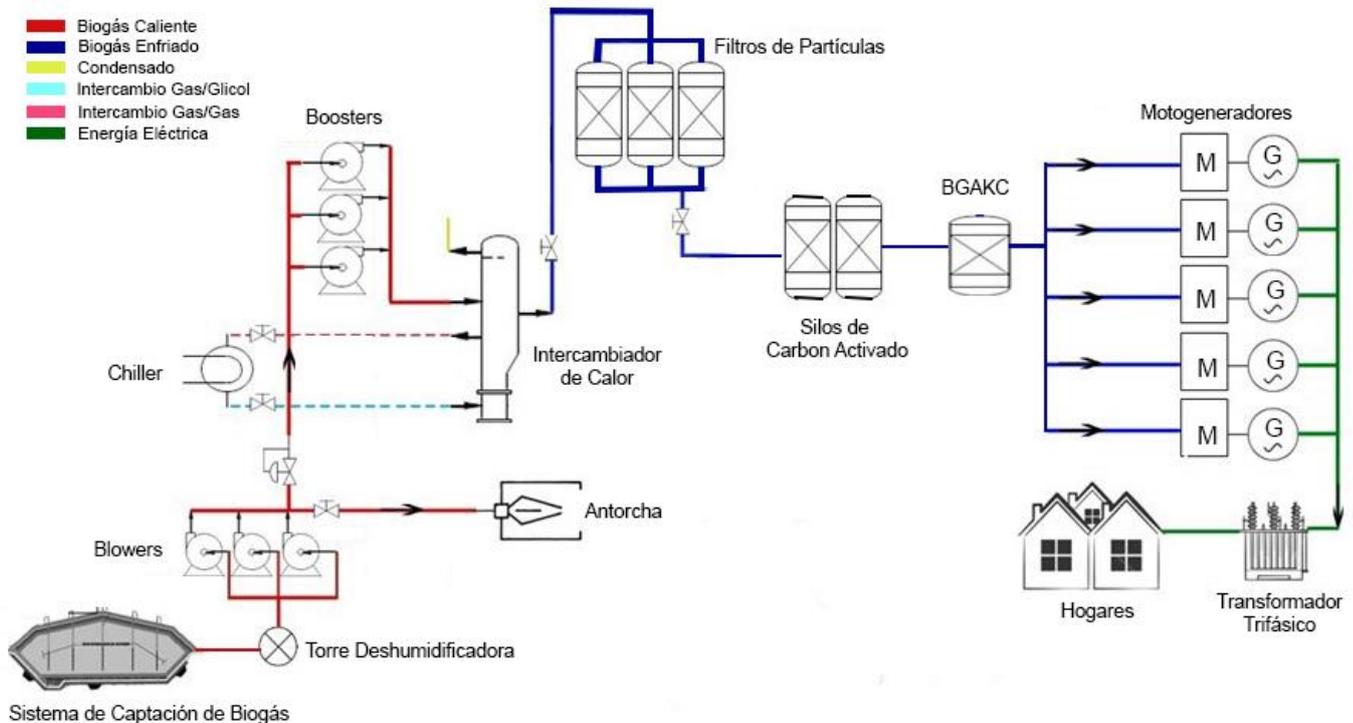


Gráfico 13 - Diagrama de Flujo del Proceso

7.2.8. Balance de Masa y Energía

En la Planta de Generación de Energía Eléctrica a partir de Biogás se realizan constantemente modificaciones en el sistema en base al ingreso de la materia prima, el cual se compone de varios gases donde el de mayor porcentaje de incidencia es el metano, para asegurar una cantidad constante de energía como producto final. El metano se obtiene en diversas proporciones, según el módulo de disposición del relleno y las condiciones que éste tenga, al momento de ser extraído. Principalmente, se controlan los porcentajes de ingreso del metano:

- Si se tiene 55-60% CH₄, se necesitan 500m³ para generar 1MW
- Si se tiene 50-54% CH₄, se necesitan 550m³ para generar 1MW
- Si se tiene 40-48% CH₄, se necesitan 750m³ para generar 1MW

Es decir, que entre más bajo sea el porcentaje de metano en el biogás, mayor flujo requerirá el motor (trabaja a mayores revoluciones) para poder obtener 1MW. En consecuencia, la planta trabajará a mayores presiones, forzando mucho más los Blowers a que succionen el biogás de los



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

módulos de captación. Esto es muy desventajoso ya que, al requerir más flujo de biogás, los módulos de captación no pueden generar biogás rico en metano ya que todo el sistema está forzado, por lo tanto, se agotan mucho más rápido las trincheras y así se impide que se realice la formación de los gases de RSU. Con niveles bajos de porcentaje de metano, el mantenimiento se vuelve más costoso y el rendimiento de los motores, y por ende de la planta, disminuye. También se deben tener en cuenta los rangos de dióxido de carbono y de oxígeno dentro del biogás ingresante a la planta. El porcentaje de CO₂ debe estar entre el 30-40% ya que su composición es importante para mantener un flujo constante y una buena combustión en los motores. Por otro lado, el O₂ debe ser lo más próximo a 0 y no debe superar el 2% debido a que el exceso de oxígeno provocaría presiones mayores que generarían desequilibrios en el sistema. Los mismos se controlan con los medidores ABB de la planta y se regulan con los cabezales y válvulas del sistema de trincheras ubicadas en los módulos.

El Balance de Masa enfocado en el Biogás a lo largo del proceso, muestra la cantidad de materia prima recolectada del relleno sanitario y las pérdidas originadas en su transmisión y direccionamiento hacia los moto-generadores de energía.

Entrada	Cantidad m ³ /h	Proceso	Salida	Cantidad m ³ /h
Biogás	2000	Captación	Biogás	2000
Biogás	2000	Deshumidificación	Biogás	1460
			Condensado	540
Biogás	1460	Succión (Blowers)	Biogás	1460
Biogás	1460	Presión (Boosters)	Biogás	1460
Biogás	1460	Intercambiador de Calor	Biogás	1416
			Condensado	44
Biogás	1416	Filtración de Partículas	Biogás	1414
			Material Particulado	2
Biogás	1414	Remoción de Siloxanos	Biogás	1400
			Siloxanos	14
Biogás	1400	Generación de Energía	Energía (MW/h)	5

Tabla 10 - Balance de Masa

Dado lo expuesto en el análisis, se determina una pérdida del 30%, mayormente debido al porcentaje de humedad que contiene el Biogás.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Se realiza a su vez el Balance de Energía, ya que permitirá comprender la dinámica de la planta entre lo consumido en el proceso y lo generado como producto final, teniendo el requisito de obtener una potencia de inyección en la red de 5 MW. En el siguiente cuadro se puede observar la eficiencia energética que posee el proceso en la generación de energía.

BALANCE DE ENERGIA	kW/h
Potencia de Blowers	40
Potencia del Booster	60
Potencia de Chiller	60
Potencia del BGAK	10
TOTAL PTG	170
Potencia Motores	155
TOTAL MOTOGENERADORES	155
TOTAL CONSUMO	325
POTENCIA GENERADA	5600
TOTAL	5275

Tabla 11 - Balance de Energía

Pese a que el consumo sea 325 KW/h, siendo un valor bajo, el convenio con el operador del relleno deja exento el pago de dicho consumo al proyecto, por la prestación del servicio de tratamiento del Biogás, por lo que no se considera en los costos fijos de operación.

7.2.9. Cálculo del personal

A continuación, se detalla el cálculo del personal necesario para cada una de las áreas del proyecto. A su vez, en apartados más adelante se describirán las tareas y actividades que realiza cada uno de los empleados.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Categorías	Personal por Turno			Total
	1° Turno	2° Turno	3 Turno	
Sector de Captación				6
Encargado de Obra	1	0	0	1
Oficiales Especializados	2	0	0	2
Oficiales No Especializados	2	0	0	2
Ayudantes	1	0	0	1
Sector Planta de Generación				7
Encargado de Planta	1	0	0	1
Oficial Especializado	0	1	0	1
Ayudante Especializado	1	0	0	1
Técnicos	1	0	1	2
Operarios	0	1	1	2
Sector Administración				3
Encargado de área	1	0	0	1
Personal	2	0	0	2
Sector Dirección de Obra e Ingeniería				2
Ingeniero	1	0	0	1
Lic. Seguridad e Higiene	1	0	0	1
Sector Compras y Proveedores				1
Ingeniero Industrial	1	0	0	1
TOTAL	15	2	2	19

Tabla 12 - Cálculo del Personal

El sector de captación tendrá un solo turno de ocho horas y se necesitarán 6 empleados para cubrir todas las tareas y actividades correspondientes a dicho sector.

El sector de la planta tendrá tres turnos de seis horas cada uno, y contará con un total de 7 empleados encargados de la operación y mantenimiento de la misma.

En el área de administración se requerirán tres empleados encargados de las tareas de administración, recursos humanos y facturación de la empresa. La compañía subcontratará un estudio contable que será el encargado de llevar la contabilidad de la misma, y un estudio legal para asesoría en asuntos legales sobre contratos y personal.

Entre el sector de Dirección de Obras e Ingeniería y Compras y Proveedores se requerirá de 3 empleados, dos ingenieros y un licenciado en S&H.



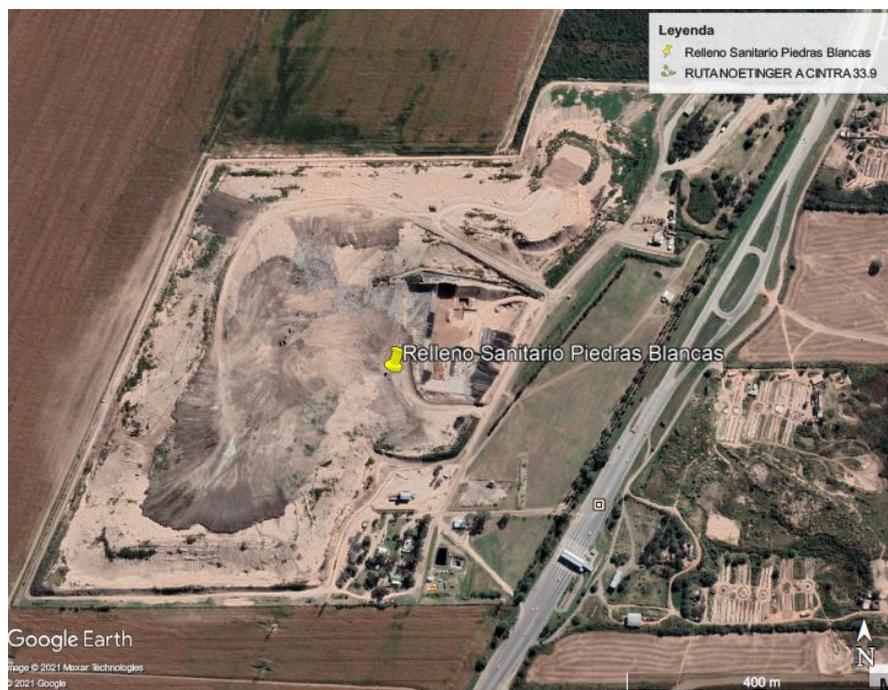
Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

7.3. Planos y LayOut

7.3.1. Ubicación del Relleno Sanitario

El relleno sanitario Piedras Blancas se ubica sobre la ruta provincial treinta y seis, a una distancia de trece kilómetros de la Ciudad de Córdoba, provincia de Córdoba. El predio cuenta con un total de sesenta hectáreas utilizándose como área operativa y de infraestructura operacional actual efectiva unas cincuenta hectáreas.



Mapa 2 - Ubicación Satelital Relleno Sanitario Piedras Blancas

En la siguiente imagen satelital se puede visualizar las tres zonas marcadas para las distintas etapas del sistema de ejecución de trincheras, para el sistema de captación de biogás y la ubicación óptima de la planta de generación.

Tal como se ha mencionado anteriormente, al inicio del proyecto se proyectan cincuenta trincheras de captación, treinta en la zona 1 (zona verde) y veinte en la zona 2 (zona roja). En la zona 3, se deberá ampliar el campo de colección a medida que se dispongan los residuos en dicho sector.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Mapa 3 - Zonas de disposición final y ubicación de la planta



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

7.3.2. Plano Tentativo del Sistema de Captación

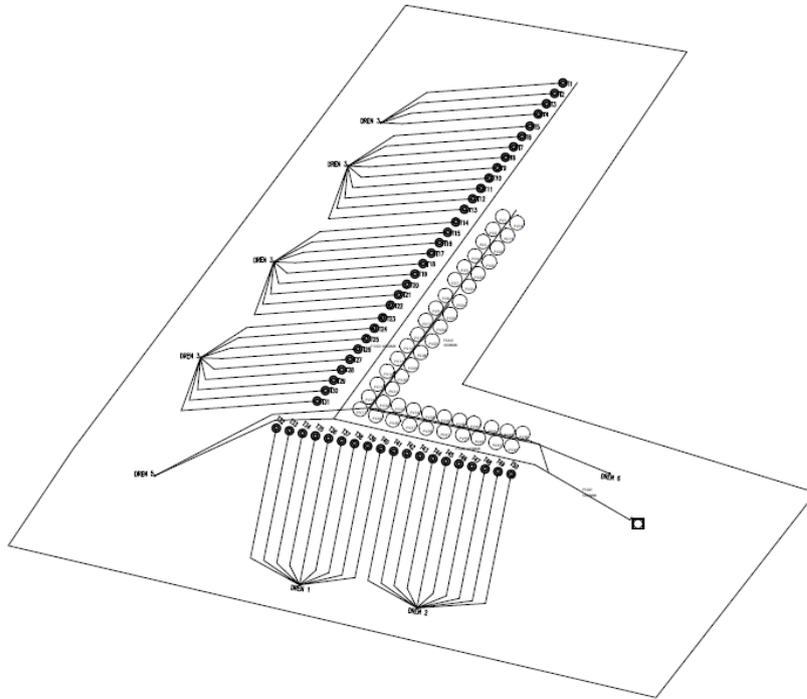


Gráfico 14 - Plano Tentativo Sistema de Trincheras Etapa 1 y 2



Mapa 4 - Implantación de trincheras en imagen satelital etapas I y II



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

7.3.3. LayOut Planta de Tratamiento y de Generación

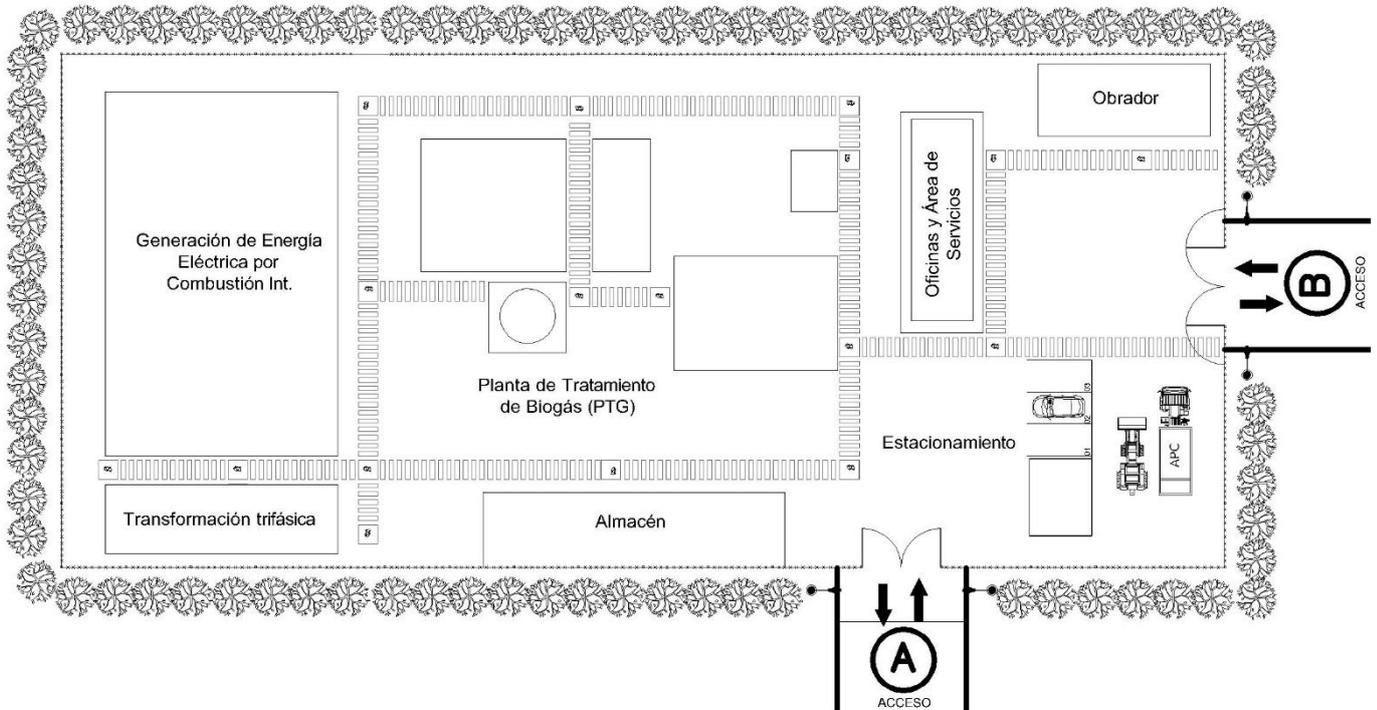


Gráfico 15 - LayOut de Planta

El LayOut de la planta fue diseñado, no solo para disponer de manera adecuada los equipos que la integran, sino también para obtener una eficiente utilización y aprovechamiento del espacio disponible en el relleno y minimizar los costos de manejo de materiales. Se debieron analizar los espacios necesarios que requerirán en la operación y mantenimiento de la planta como a su vez cumplir con las normativas de seguridad e higiene.

El diseño propuesto de la planta tiene un área de 3.600 metros cuadrados y un perímetro de 260 metros, siendo el área disponible para ubicar la planta de dos hectáreas. Esto es beneficioso para el proyecto ya que, si a futuro se deseara ampliar la capacidad de generación de la planta, y por ende sumar equipos a ella, se podrá realizar dicho trabajo ya que se contaría aun con mayor espacio del que ocuparía inicialmente.

El LayOut permite un correcto ingreso y egreso a la planta, facilitando no solo el acceso de los empleados sino también de los proveedores y del manejo eficiente de materiales. También cumple con las necesidades básicas para los empleados.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

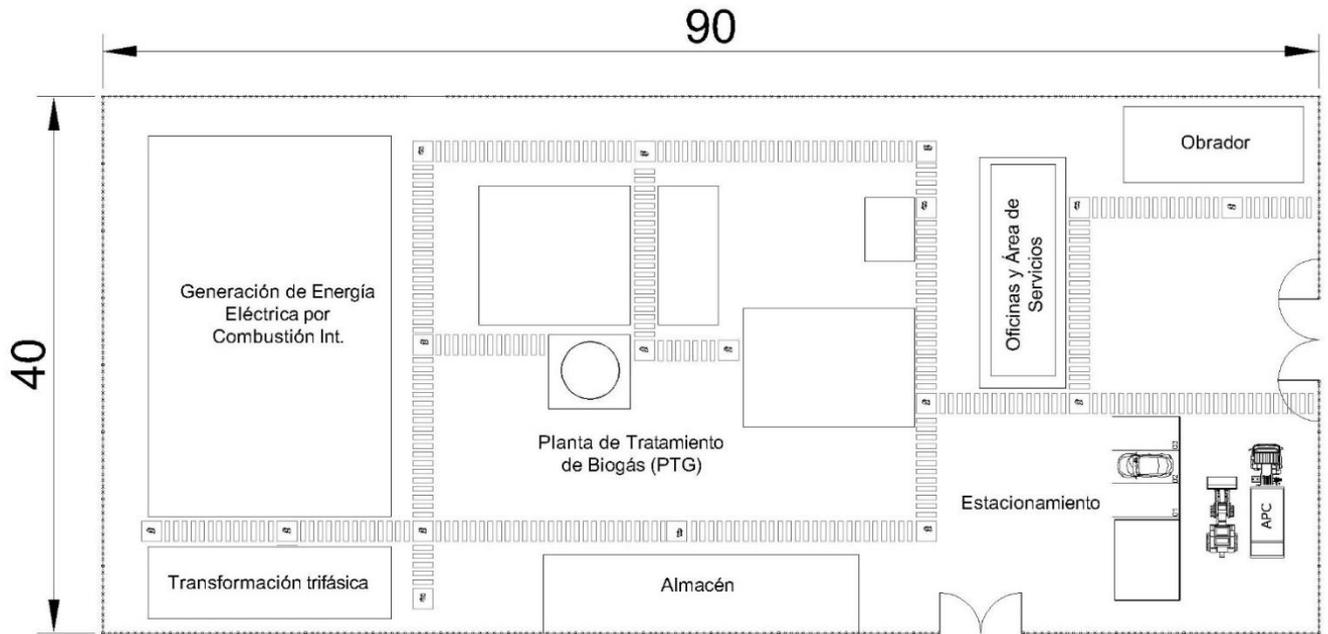


Gráfico 16 - LayOut de Planta con Cotas

7.3.4. LayOut zona de Tratamiento de Biogás

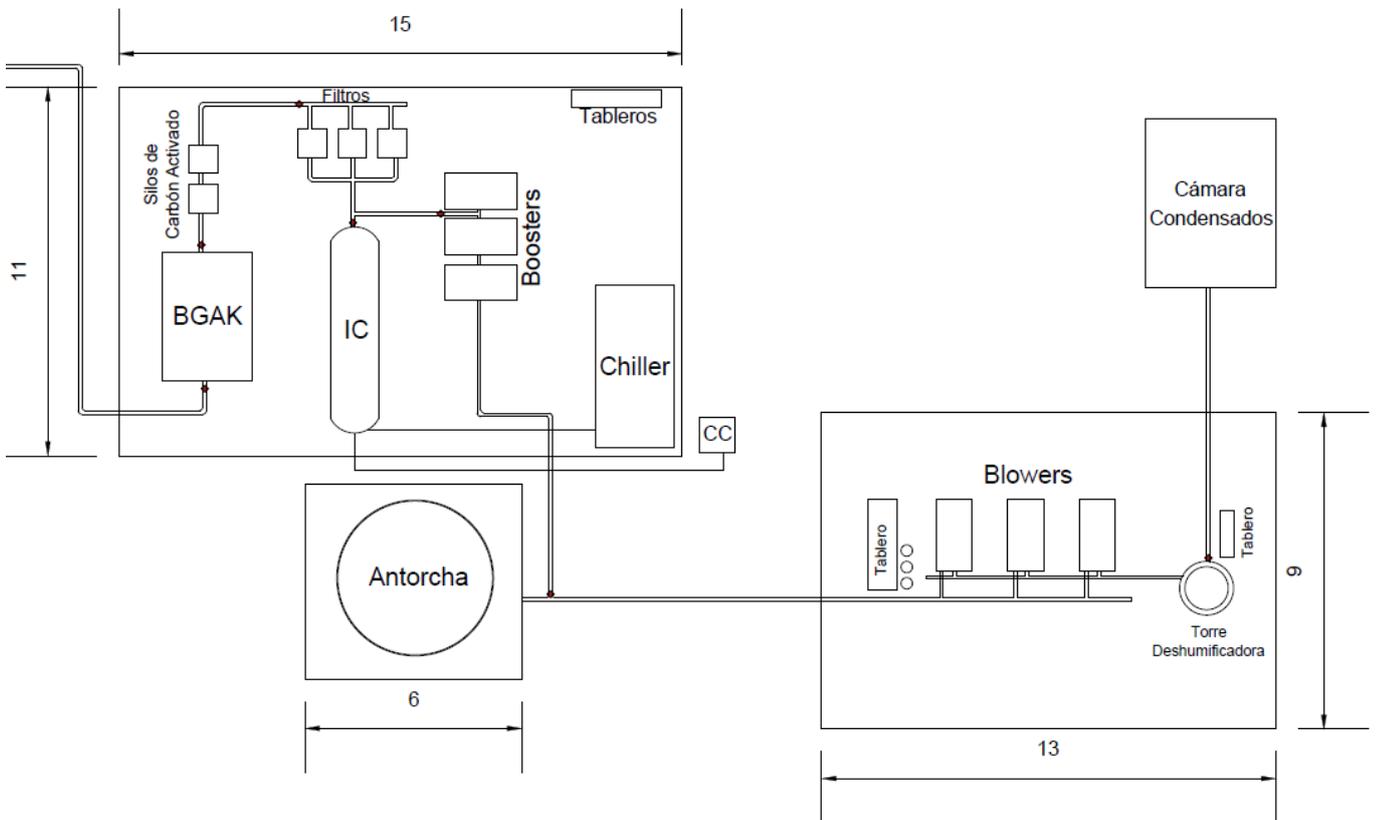


Gráfico 17 - Corte Planta de Tratamiento y Acondicionamiento de Biogás



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

7.3.5. LayOut de zona de Generación

En el área de generación se encontrarán los cinco motores de combustión interna junto con los generadores, que, a su vez, estarán conectados a transformadores trifásicos. Las líneas de conexión que distribuyen la electricidad serán áreas mientras que la línea de gas será terrestre y deberá estar demarcada de color amarillo.

La distancia entre motores deberá de ser de dos metros para poder contar con espacio suficiente para realizar el mantenimiento de los mismos.

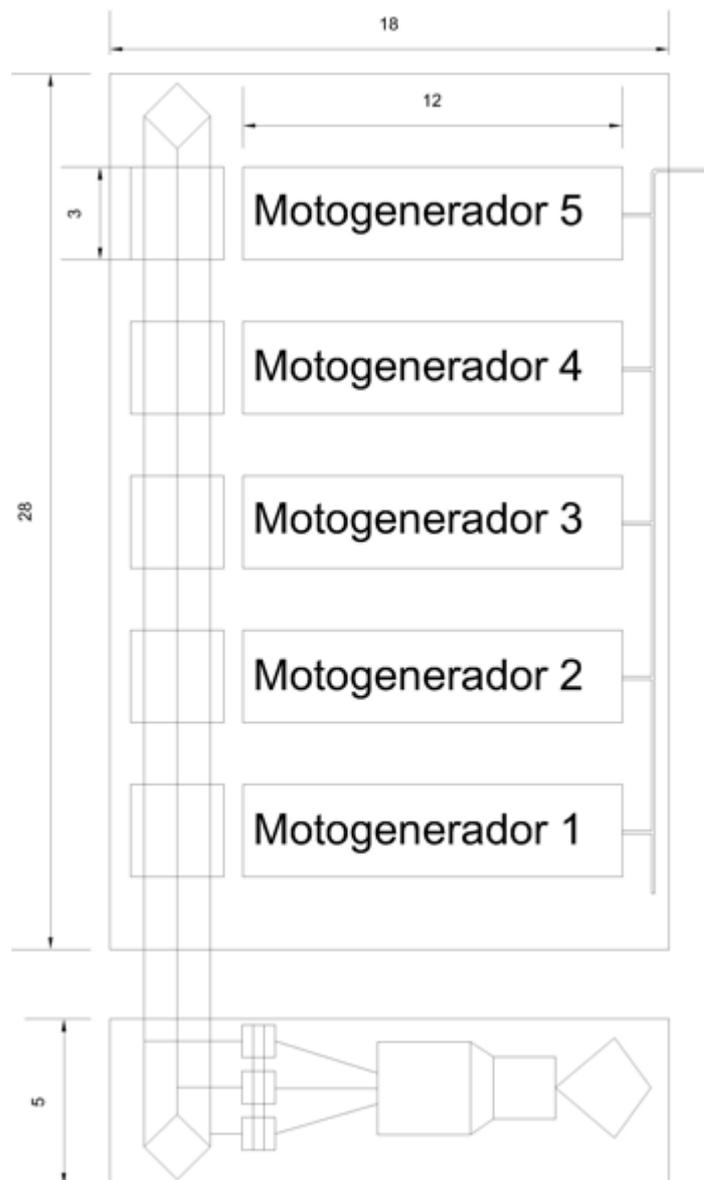


Gráfico 18 - Corte Sección Generación de Energía Eléctrica y Estación Transformadora



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



7.3.6. Recepción de Materia Prima, Insumos y Materiales

La materia prima única y principal del proceso de generación de energía eléctrica a través de Biogás son los residuos sólidos urbanos dispuestos en los módulos de disposición final del relleno sanitario. La gestión de estos, es decir, la recolección y disposición final, la realizan diferentes empresas.

La logística de recolección de los residuos sólidos urbanos y domiciliarios es llevada a cabo por cada uno de los 19 municipios anteriormente mencionados. Cada uno de ellos tiene la responsabilidad de gestionar la recolección de dichos residuos, ya sea subcontratando empresas especializadas en dichas tareas u operándolo por sí mismos. A modo de ejemplo, la ciudad de Córdoba terceriza este trabajo con la empresa LUSA, Logística Urbana S.A.

En cuanto al tratamiento y disposición final, la empresa encargada es CORMECOR, el actual operador del relleno sanitario. Este será quien comunique anualmente cuantas toneladas de residuos ingresan al sitio para luego poder analizar cuanto biogás se estaría extrayendo del sistema de captación y posteriormente con este generar la energía eléctrica proyectada. Con dicha empresa, se deberá estar trabajando a la par constantemente ya que es la que proveerá de la materia prima, y a medida que avance la disposición final de los RSU, se deberá ir coordinando las nuevas zonas de captación de biogás.

Dicho esto, el proyecto únicamente contemplará y analizará la recepción de los insumos y materiales necesarios para la ejecución del sistema de captación de biogás y para la operación de la planta de generación de energía.

En la recepción de insumos y materiales se debe contar con una persona física que trabaje dentro de la empresa y desarrolle parte de sus actividades en la recepción de los mismos con el fin único de controlar y verificar la calidad de los productos que entregan los proveedores, y su posterior proceso logístico hasta su correspondiente almacenamiento.

7.3.7. Almacenes

Respecto a la necesidad de un depósito para almacenaje propio, analizaremos el volumen necesario de materiales e insumos críticos para asegurar el correcto funcionamiento de todo el proceso.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Política de Stock

Para determinar los ciclos de reposición de cada insumo para asegurar la correcta operación y mantenimiento, tanto del sistema de captación como de la planta de generación, se procedió a utilizar la planificación cíclica estadística, debido a que este método permite la toma de decisión a través de la posición de inventario y los lead times. El principal objetivo de este método es lograr que el sistema funcione de manera eficiente evitando desperdicios, sin incurrir en mayores costos. Trabajar sobre la posición de inventario le permitirá al proyecto poder abastecerse en función de lo que consume.

Dicho análisis se realizó en dos ciclos:

Por un lado, todos los materiales necesarios para realizar las tareas de operación y mantenimiento del campo de colección se calcularon bajo un *ciclo de seguimiento periódico*.

Este modelo determina la posición de inventario cada un periodo "S", colocando una orden que cubrirá el ciclo de consumo determinado cuando se alcance un nivel de inventario máximo R.

La fórmula para calcular el punto de reorden R es:

$$R = (\theta_s + \theta_{LT}) + Z * (\sigma_s + \sigma_{LT})$$

R: Techo de Stock

θ_s : demanda en el periodo S

θ_{LT} : Demanda en el Lead Time de aprovisionamiento

Z: Factor asociado al nivel de servicio

σ_s : Desviación estándar del periodo S

σ_{LT} : Desviación estándar del Lead Time

A continuación, se detallan los materiales e insumos contemplados por este ciclo y sus correspondientes techos de stock R:

- Accesorios PEAD para las descargas de lixiviado/condensado de las trincheras
R=49 un
- Accesorios PEAD para los cabezales de las trincheras
R=124
- Accesorios PEAD de la línea troncal de conducción de biogás



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

- R=44 un
- Válvulas
R=143 un
- Bombas
R=17 un
- Suelo árido
R=3328 m³
- Piedra granítica 30/50
R=1775 m³
- Accesorios Eléctricos para los drenes de impulsión de lixiviados
R=35 un

En la siguiente tabla se pueden visualizar los parámetros considerados para calcular el techo de stock R de cada uno de los materiales.

CICLO PERIODICO							
Material	Lead time	Período S	Demanda anual	Días bajo estudio	Períodos analizados según el lead time	Períodos analizados según el período S	
ACCESORIOS PEAD DESCARGAS	91	30	70	365	4	12	
ACCESORIOS PEAD CABEZALES	91	30	180	365	4	12	
ACCESORIOS PEAD LINEA COND	91	30	60	365	4	12	
VALVULAS	91	30	200	365	4	12	
BOMBAS	91	30	24	365	4	12	
SUELO	183	30	3000	365	2	12	
PIEDRA	183	30	1600	365	2	12	
ACCESORIOS ELECTRICOS	91	30	50	365	4	12	

Tabla 13 - Parámetros de Cálculo del Ciclo Periódico

Para los accesorios PEAD, las válvulas, las bombas y los accesorios eléctricos se consideró un lead time de 91 días, aproximadamente cada 3 meses, mientras que para el suelo y la piedra se consideró un lead time de 183 días, cada 6 meses.

Por otro lado, se consideró todos los insumos que requiere la operación de la planta con un *ciclo de seguimiento continuo*:

Este modelo implica un seguimiento diario en el cálculo del punto de reorden R, colocando una orden de abastecimiento que pueda abastecer el consumo durante un tiempo determinado.

La fórmula para determinar el punto de reorden R y el tiempo de consumo requerido Q a cubrir:



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

$$R = (\theta LT) + (Z * \sigma LT) \text{ y } Q = (\theta T) + (Z * \sigma T)$$

θ : Media de Consumo en días de stock en el Lead Time

Z: Factor asociado al nivel de servicio

σ S: Desviación estándar de la demanda en el lead time

La elección de un seguimiento continuo se debe a la criticidad de tener faltante de algunos de los insumos utilizados en el tratamiento del Biogás.

A continuación, se detallan los insumos contemplados por este ciclo y sus correspondientes R y Q:

- Combustibles
r=239 litros
Q=236 litros
- Refrigerantes
r=56 litros
Q=55 litros

En la siguiente tabla se detallan los parámetros considerados para calcular el punto de reorden r y el tiempo de consumo requerido Q:

CICLO CONTINUO				
Insumo	Lead time	Demanda anual	Días bajo estudio	Períodos analizados
COMBUSTIBLE	10	8500	365	37
REFRIGERANTE	10	2000	365	37

Tabla 14 - Parámetros de Calculo Ciclo Continuo

Cabe destacar, que a partir de la desviación estándar de la demanda dentro del lead time se obtiene el Stock de Seguridad (SS) necesario para el correcto funcionamiento del proyecto.

Para el combustible el SS es de 4,11 litros, mientras que para los refrigerantes es de 0,23 litros.

El almacén contará con una superficie de 144m²; mientras que el obrador tendrá una superficie de 72m², donde se podrán guardar herramientas e insumos pequeños de utilización diaria en base a la herramienta de Gestión Lean de Ordenamiento del área de trabajo con 5S.

La utilización de esta herramienta asegurara el correcto desarrollo de todas las tareas a realizar en el obrador, de forma simple, sencilla y evitando desperdicios siendo estos pérdidas de tiempo



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



y tareas innecesarias. A su vez, trabajar con este tipo de herramientas de Gestión Lean, permitirá a la compañía que todos sus empleados se involucren en una filosofía de mejora continua y eliminación de desperdicios.

La ejecución de esta herramienta consiste en el desarrollo de cinco pasos, caracterizados cada uno de ellos por la primera letra S de su nombre en idioma japonés, siendo así las 5S. Estos pasos son: Seiri (Seleccionar), Seiton (Ordenar), Seito (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar), Shitsuke (Autodisciplina).

Se comienza seleccionando los materiales e insumos que deben estar en el área de trabajo, clasificando de esta manera lo necesario de lo innecesario. El siguiente paso es ordenar todos los elementos que se seleccionaron en el primer paso, definiendo los lugares óptimos de manipuleo de estos mismos, asegurando su fácil acceso y evitar posibles pérdidas de tiempo en la búsqueda de dichos materiales.

Luego se deberá limpiar el área de trabajo, no solo manteniendo limpio y ordenado el sector sino también asegurando eliminar toda fuente de suciedad y desorden. Para esto se deberá generar un estándar de limpieza según tipo de suciedad, responsabilidades de dicha tarea, y asegurar elementos de limpieza para cumplir con el estándar.

El siguiente paso es estandarizar lo analizado y desarrollado en los puntos anteriores para evitar que no se cumplan estos. Aquí deberá desarrollarse pautas claras para ejecutar cada una de las tareas de los tres primeros puntos para que cualquier persona que deba realizarlo y llevar un seguimiento pueda hacerlo sin ningún inconveniente.

Por último, el personal a cargo de ejecutar esta herramienta deberá desarrollar la autodisciplina para garantizar su correcto trabajo sin necesidad de contar con un supervisor, evitando así incurrir en mayores costos asociados al personal.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Imagen 1 - Ejemplo de un Almacén/Obrador con 55

Cabe destacar que las tuberías y accesorios PEAD son resistentes a diversas condiciones climáticas, por lo que no es necesario almacenarlos bajo techo.

Los combustibles, lubricantes y refrigerantes serán almacenados en distintas bateas especiales con surtidores, que estarán ubicadas en zona de fácil acceso para los vehículos y maquinarias que operen en el campo de colección y en la planta.

7.4. Servicios Auxiliares

Agua

Se deberá realizar una perforación, en el orden mayor de los 70 metros de profundidad, para tomar agua del acuífero más cercano para poder contar con agua potable para las instalaciones. Esta agua se utilizará solo para los sanitarios y cocinas de las oficinas y obradores.

Para el uso humano, se deberá alquilar el servicio de agua por bidones y dispenser.

Electricidad

Este servicio estará provisto por el administrador del vertedero, en este caso CORMECOR. Se deberán realizar obras civiles de conexiones eléctricas para poder brindar energía a las oficinas, obradores y otras instalaciones en la planta que requieran de este servicio.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Cloacas

Para los sanitarios se construirán pozos sépticos con cámara séptica para la evacuación de los efluentes de dichas instalaciones. Estos mismos serán descargados periódicamente a través de un camión atmosférico el cual luego se encargará del transporte y tratamiento de dichos efluentes.

Almacenamiento y Reposición de Insumos

En el sector de la Planta de Tratamiento y Generación se deberá contar con un área de almacenamiento de insumos necesarios para la operación de algunos equipos. Estos son: tanques aéreos para almacenamiento y sistema de reposición de aceite y líquidos refrigerantes, sistema de carga de aceite a motores.

Dentro de la categoría de tanques aéreos se encontrarán:

- Tanques de Aceite y Líquido refrigerante: de tipo horizontal de doble pared fabricados en polietileno con capacidad de 4.850 litros (incluye batea antiderrame). Estos soportan temperaturas entre -30 a 60°C sin sufrir alteraciones.
- Tanques de Agua de Servicio: tanque de 5.000 litros con sistema de bombeo para limpieza y mantenimiento de las instalaciones.

El *sistema de carga de aceite a motores* estará compuesto por los tanques aéreos, un sistema de bombeo con tableros de control, válvulas, cañerías y accesorios. Los moto-generadores se recargarán automáticamente de aceite una vez consumido este, en cambios programados. Los aceites usados serán retirados periódicamente por una empresa habilitada para su correspondiente tratamiento.

Para el *sistema de reposición de líquido refrigerante* se instalarán además de los tanques aéreos, bombas, tablero de control, válvulas y cañerías.

7.4.1. Mantenimiento

El área de mantenimiento se deberá encargar tanto del Sistema de Captación como a su vez de la Planta de Tratamiento y Generación.

- Sistema de Captación



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

El mantenimiento de esta área es de suma importancia para asegurar el correcto desarrollo de todo el sistema y la eficiente captura de biogás. El programa de mantenimiento en este sector estará subdividido en dos sectores: mantenimiento de la línea de conducción de biogás y mantenimiento de los equipos de ejecución y operación.

- Planta de Tratamiento

El mantenimiento de la PTG estará dedicado exclusivamente a los siguientes equipos y maquinaria:

- Torre Deshumificadora
- Blowers
- Boosters
- Intercambiador de Calor y Chiller
- Sistema de Filtros
- BGAKC

Asimismo, el mantenimiento de las instalaciones es de vital importancia para la preservación de todos los equipos y para brindar un espacio seguro para los operarios. Este tipo de mantenimiento constara de tareas tales como pintura y señalización de espacios, arreglos, entre otros.

El mantenimiento del proyecto se basa en una política de mantenimiento preventivo. Cada área de mantenimiento descrita anteriormente deberá confeccionar el programa de mantenimiento el cual se desarrollará a través del plan de mantenimiento con actividades y fechas asignadas y según esto se asignará el personal necesario para llevar a cabo dichos trabajos.

Para realizar todo el programa de mantenimiento preventivo se toman de referencia los manuales de cada uno de los equipos y maquinarias de todas las etapas, como también las recomendaciones de los fabricantes.

A su vez, para evitar fallas y/o averías en las máquinas y así poder garantizar su correcto uso, se realizarán tareas de mantenimiento predictivo, siendo algunas de estas: análisis de vibraciones de los motores, blowers y boosters, análisis de variación de presión y análisis de aceites.

Es de vital importancia para la política de mantenimiento, que se realicen periódicamente capacitaciones a todo el personal. Al contar con un personal capacitado y polivalente, se podrán



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

disminuir situaciones que puedan afectar el funcionamiento de los equipos y, por ende, evitar mayores costos y riesgos innecesarios para la salud de los trabajadores.

Por último, se deberá contar con una eficiente gestión de inventarios de repuestos y herramientas para el sector de mantenimiento. Para dicho sector se dispondrá del obrador, en el cual se encontrarán todos los insumos necesarios para realizar todas las tareas de mantenimiento.

7.5. Recursos Humanos

La empresa que lleve a cabo el proyecto deberá estar organizada mediante una estructura funcional ya que las tareas estarán agrupadas por función y desempeño. En el organigrama se visualiza la estructura organizacional adecuada y cómo se encuentra conformada.

Organigrama

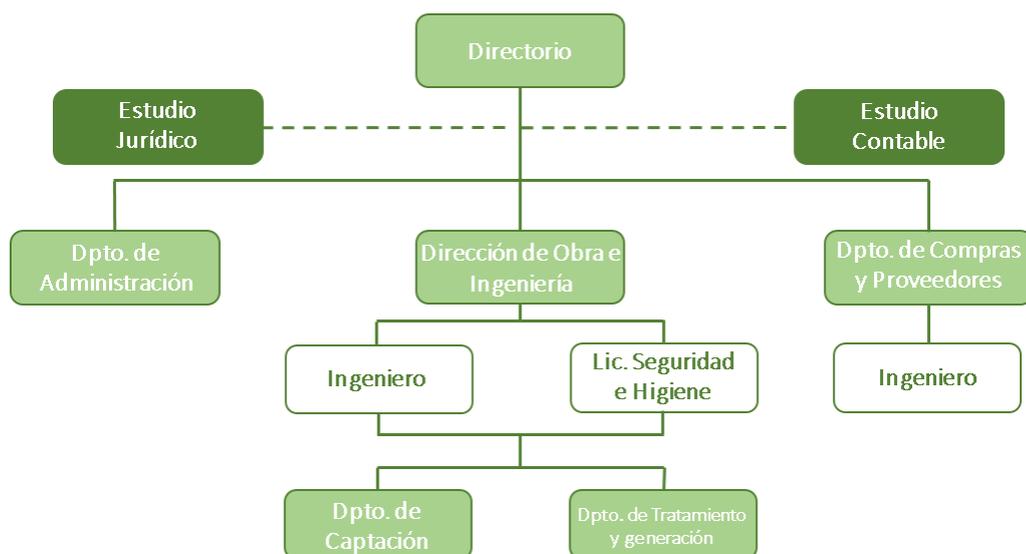


Gráfico 19 - Estructura Organizacional



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Roles y funciones. Descripción de los puestos de trabajo:

Para dar inicio, dentro del Departamento de Dirección de Obras e Ingeniería se contará con un supervisor, el cual deberá ser profesional en ingeniería, y a su vez un licenciado en seguridad e higiene.

En el área de captación de biogás se contará con una cuadrilla de 6 empleados, los cuales se dividirán en las siguientes categorías: ayudante y/o albañil, oficiales especializados y no especializados, y un encargado de obra.

En cuanto al área de la planta de tratamiento y generación de energía eléctrica se necesitará del siguiente plantel de trabajo: un encargado de obra, dos técnicos (uno mecánico y otro electromecánico), y cuatro operarios (un oficial especializado de operación, un ayudante especializado de operación, un oficial especializado en mantenimiento y un ayudante especializado de mantenimiento).

El Departamento de Administración se compondrá por un encargado/jefe del área y dos empleados administrativos.

Por último, el Departamento de Compras estará compuesto por un ingeniero industrial. Este se encargará de todas las tareas y actividades correspondientes al abastecimiento de las obras, como también de organizar la logística de entrega de los insumos y materiales requeridos.

Funciones y descripción de cada puesto:

Presidente del Directorio: es el encargado de la toma de decisiones de la empresa, además de controlar el desempeño desde el punto de vista de la comercialización, administración, producción y hasta las finanzas. Esta persona será quien tenga toda la responsabilidad de la empresa y su correcto funcionamiento y/o desempeño.

Supervisor: Coordinar las tareas para los encargados de las distintas áreas de obra. Planificar y coordinar actividades correspondientes a la ejecución de trincheras, y operación y mantenimiento del área de captación.

Encargado de obra: Planificar y coordinar las tareas diarias de obra. Control de las líneas de conducción del biogás y administración de insumos.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Operarios del área de captación: serán los encargados de llevar a cabo las actividades correspondientes a la ejecución de trincheras, siendo algunas de estas: manejo de maquinaria, termo fusionado de las líneas de captación, entre otras. Estos mismos llevarán a cabo también las tareas de mantenimiento. Según sea su categoría será la responsabilidad y dificultad de su tarea a realizar.

Encargado de planta: será responsable de verificar y controlar que todas las actividades, y el mismo funcionamiento de la planta, se lleven a cabo de manera correcta.

Técnicos: son los encargados de operar los equipos de la usina y sus sistemas de control. Realizar maniobras de equipamientos eléctricos.

Operarios de planta: asistir a la operación de los equipos de la central, asistir a maniobras de los equipos, monitoreo de las grandezas eléctricas de la central, entre otros.

Actividades tercerizadas

Cabe destacar que, para la obra civil de infraestructura de la planta, como a su vez la instalación y puesta en marcha de prueba de los equipos la realizara una compañía extra, es decir tercerizando dichas actividades. De este modo, no aumentarían los costos de mano de obra como tampoco de equipos y maquinarias necesarias para realizar dichos trabajos. A su vez si el proyecto se deseara replicar en otras inmediaciones, se pueden contratar empresas locales fomentando así trabajo en la zona.

Cronograma de trabajo:

El personal referente al área de captación trabajará en una jornada laboral de 8 horas de lunes a viernes, y los sábados en jornadas de 4 horas con posibilidad de horas extras. Dicha jornada se dispondrá de esta manera ya que la planta de generación trabajará las 24 horas, por lo cual, el personal a cargo del campo de colección podrá asegurar en esta carga horaria, el funcionamiento adecuado sin necesidad de trabajar en horario nocturno.

Durante la temporada de verano, la jornada laboral será de 7:00 a 16:00 horas de lunes a viernes, y sábados de 8:00 a 12:00 horas; siendo la temporada de invierno de 8:00 a 17:00 horas de lunes a viernes, y sábados de 8:00 a 12:00 horas.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Cuando se lleven a cabo obras de ampliación del campo de colección, la jornada se verá con un aumento de horas extras, existiendo la posibilidad de trabajar incluso los domingos. Esto se debe a que los domingos el relleno se encuentra cerrado para el ingreso de residuos, pudiéndose trabajar sobre cruces de calle y áreas activas, que durante la semana no es posible.

En cuanto al capital de trabajo de la Planta de Tratamiento y Generación de Energía Eléctrica, el régimen de trabajo será por equipos, en turnos rotativos de 6 horas diarias corridas, computando 36 horas semanales. El personal que trabaje la primera semana tendrá un horario de 6:00 a 12:00 horas, en la segunda semana prestará tareas en el turno de 00:00 a 6:00 horas, en tanto que la tercera semana del ciclo desempeñarán su jornada laboral de 18:00 a 24:00 horas, mientras que la cuarta y última semana el horario será de 12:00 a 18:00 horas; y así sucesivamente.

Diseño, Aspectos Ergonómicos:

Los principales riesgos ergonómicos se dan por manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos.

El puesto de trabajo del operador de maquinaria pesada está en contacto permanente con la maquinaria y residuos sólidos situados en la celda de disposición final del relleno sanitario. Por estos motivos, los operarios que se encuentren realizando dichas tareas contarán con los elementos de protección personal necesarios para cuidar, no solo de su seguridad física, sino también de su salud. A su vez, los equipos y maquinarias para las tareas de ejecución de trincheras deberán contar con los elementos de protección al operario, ya sea cabinas de control de la máquina ergonómicamente adecuadas, con un correcto aseo y buena ventilación.

Para el resto de los puestos del área de captación se deberá contar con todos los elementos que aseguren un buen desarrollo de las actividades diarias, basándose en el cuidado de los trabajadores a largo plazo.

EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL					
Calzado de seguridad con suela antideslizante	Guantes de proteccion con resistencia mecanica	Vestuario de proteccion de alta visibilidad	Gafas de proteccion	Proteccion auditiva	Arnes anticaidas para trabajos en altura

Tabla 15 - Elementos de Protección Personal en el Trabajo



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



En lo referente a los puestos de administración, se debe asegurar una adecuada comodidad en la postura de trabajo, en tanto que la altura de la mesa y la distancia a la silla sea adecuada, debido a que requiere pasar la jornada laboral mayormente sentado.

En cada puesto mencionado, se considerarán medidas preventivas según corresponda, como respetar la señalización en el área de producción y en el equipo que se maneja, mantener una iluminación necesaria en el área de trabajo, revisar el correcto funcionamiento de los dispositivos de seguridad de los equipos, antes de usar una maquinaria verificar que no existe ninguna persona presente en el radio de actuación, respetar las indicaciones del fabricante en el uso de los equipos, apagar la maquinaria una vez finalizado el trabajo, realizar descansos y alternar posturas, evitar la flexión de la espalda y disponer las piezas en plataformas o mesas.

7.6. Tratamiento, Disposición y Control de Contaminantes

Una vez que el proyecto se encuentre en etapa de operación, se generaran algunos residuos y efluentes por la propia génesis de algunas de las etapas del proceso.

En cuanto a los residuos se pueden categorizar en:

- Residuos domiciliarios y asimilables provenientes de las actividades de los trabajadores en las áreas de oficinas, baños y espacios comunes.
- Residuos industriales no peligrosos como restos de embalajes y plásticos utilizados en tareas de orden, limpieza y mantenimiento de equipos.

Todos los residuos generados serán dispuestos en contenedores identificándolos por etiquetas y colores según el tipo de residuo. Los residuos no peligrosos industriales se deberán disponer en un recipiente azul mientras que los asimilables domiciliarios orgánicos deberán disponerse en recipiente color negro y los reciclables en un contenedor verde. En el caso de existir residuos reciclables de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) se deberán disponer en contenedores de color gris.

Los residuos especiales contarán con un sector particular para ser almacenados transitoriamente hasta ser recogidos por una empresa habilitada encargada del transporte y su disposición final.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



El tratamiento de lixiviados de vertederos o aguas residuales industriales, presentan cierto grado de complejidad, pero son fundamentales para la correcta obtención del biogás sin filtraciones.

Todos los efluentes líquidos generados en las etapas de captación y tratamiento de biogás se derivarán a través de tuberías a cámaras de condensados donde desde allí se impulsarán a la planta de líquidos lixiviados del vertedero. En cuanto a los efluentes en la etapa de generación serán en su mayoría aceites y lubricantes utilizados en los moto-generadores.

La generación de energía eléctrica a partir del biogás recuperado de los módulos de disposición final de RSU presenta, desde el punto de vista ambiental, doble aporte a la mitigación de gases de efecto invernadero, por un lado, permite capturar el metano y por el otro sustituye la utilización de combustibles fósiles.

Esta combustión permite reducir los componentes tóxicos y sus efectos negativos sobre el ambiente mencionados anteriormente.

7.7. Seguridad e Higiene del Trabajo

En cuanto a la seguridad, los equipos deberán contar con las protecciones adecuadas y a su vez el personal tendrá sus correspondientes elementos de protección, necesarios para cada tarea (zapatos de seguridad, casco, guantes, anteojos, protectores auditivos, mascarilla).

En todo relleno sanitario con aprovechamiento de biogás para generación de energía es necesario contar con Planes de Emergencia:



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

A. Plan de Contingencias

Rol de Emergencia

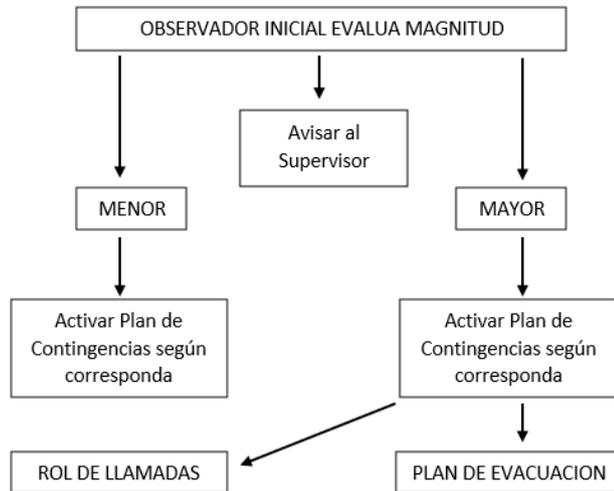


Gráfico 20 - Rol de Emergencia

Incendio



Gráfico 21 - Incendio



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Fuga de Gas

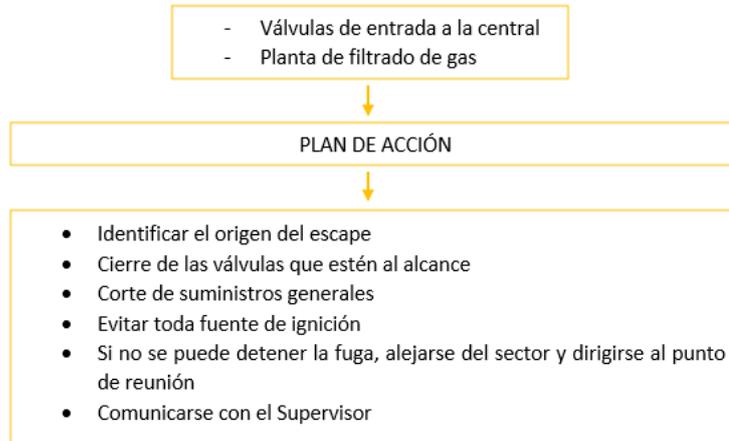


Gráfico 22 - Fuga de Gas

Accidente/Incidente

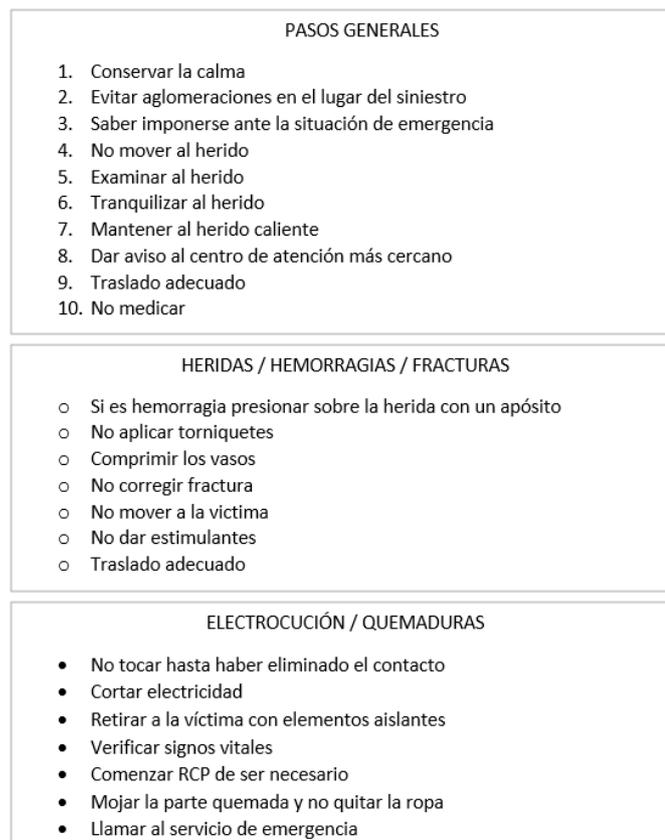


Gráfico 23 - Accidente/Incidente



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

Impacto Ambiental

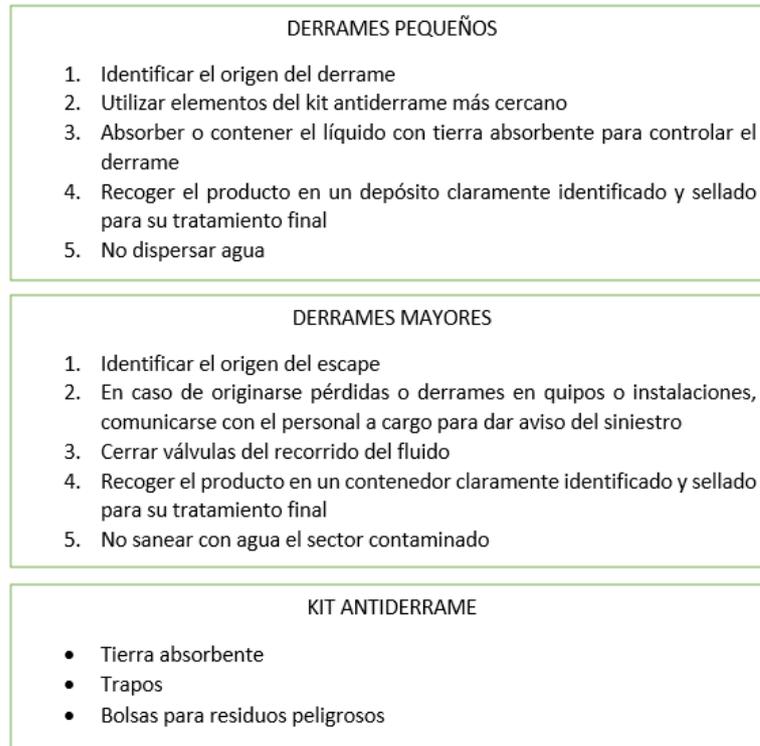


Gráfico 24 - Impacto Ambiental

Contingencias Climáticas

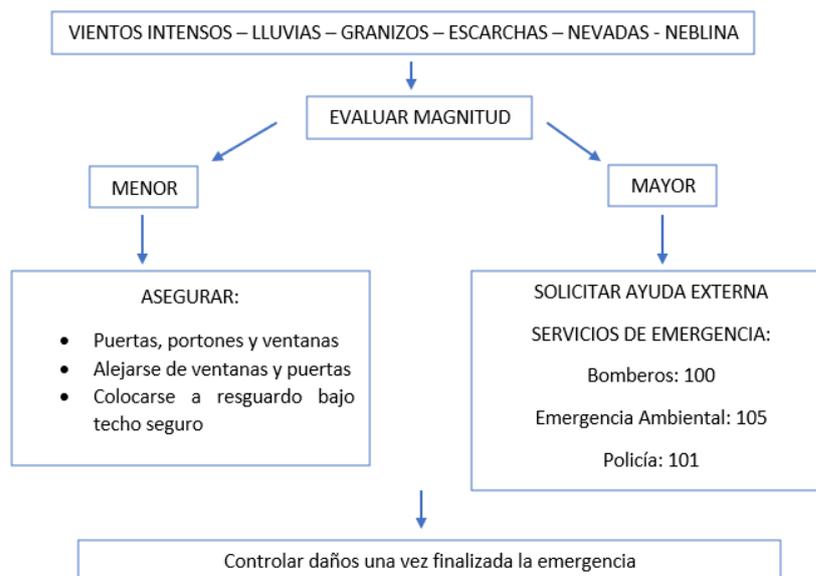


Gráfico 25 - Contingencias Climáticas



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

B. Rol de Llamadas

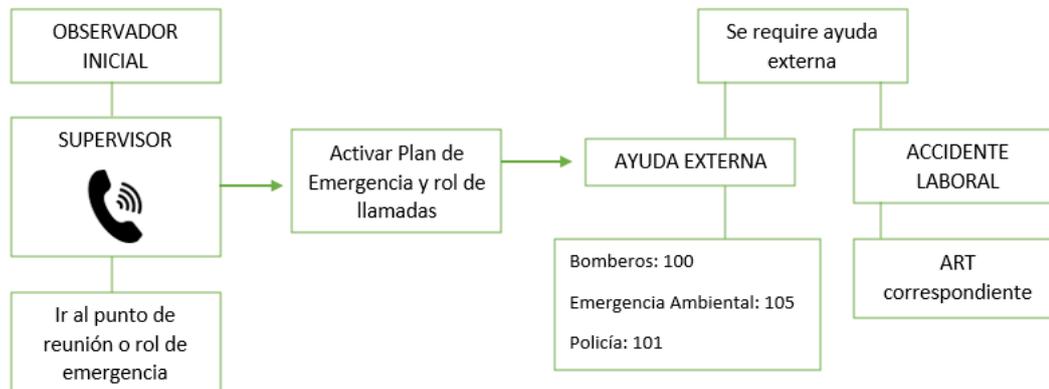


Gráfico 26 - Rol de Llamadas

Podemos identificar y evaluar la gravedad de los aspectos ambientales en las distintas áreas de trabajo con la Matriz de Aspectos Ambientales donde se distinguen en primera medida tres situaciones operacionales:

- **Normal N:** corresponde a una actividad, proceso o equipo operando en condiciones esperadas.
- **Anormal A:** corresponde a una actividad, subproceso o equipo que se aparta de las condiciones de régimen esperadas.
- **Emergencia E:** situación que exige la interrupción inmediata de las actividades en los distintos procesos y exige rápida atención; son situaciones derivadas de derrames, productos químicos, fugas de gas, explosiones o incendios, inundaciones, y otros propios de cada proceso.

De cada actividad se desglosan los aspectos ambientales a considerar, definiendo el correspondiente impacto ambiental y la forma de control y prevención. Ver cuadro "Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales" en el Anexo.

A efectos de reducir los impactos negativos y favorecer los positivos, proyectos de esta escala utilizan un plan de mitigación de efectos indeseables y realizan el monitoreo (Auditorías) durante la construcción de la infraestructura y la operación del sistema; la determinación de la composición de los gases extraídos y el control de la calidad de aire en el sitio son tareas fundamentales para garantizar la seguridad y el éxito del proyecto.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



En cuanto a la higiene se deben respetar los requerimientos y disposiciones referentes a conducta segura, manteniendo el orden y la limpieza en las áreas de trabajo, contando solo con materiales y herramientas indispensables para realizar cada tarea. Se deben evitar piezas o materiales en lugares que puedan obstruir o ser causa de incidentes y/o accidentes.



CAPITULO 3

ASPECTOS SOCIALES

Estudio Legal e Impacto Ambiental y Social



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



8. Estudio Legal

Legislación aplicable a: mercado (permisos).

Para la radicación de la empresa en el predio de Piedras Blancas se tendrá en cuenta la Ley 9.121/2003 de Establecimientos Industriales, Promoción Industrial, Regímenes de Promoción, Subsidio Estatal y Radicación de Industrias.

Los empleados que se encuentren en el área de tratamiento y generación de energía eléctrica estarán regidos por el sindicato de la FeTERA (La Federación de Trabajadores de la Energía de la República Argentina). Su estatuto está aprobado por el Ministerio de Trabajo de la Nación.

Los trabajadores del área de captación de biogás estarán bajo convenio de UOCRA (Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina).

En cuanto a los técnicos e ingenieros, estarán regidos por el sindicato UECARA (Unión de Empleados de la Construcción y Afines de la República Argentina).

Tecnología (patentes, marcas):

La tecnología utilizada para la obtención de biogás en rellenos sanitarios es conocida y replicada a nivel mundial, contando con las modificaciones necesarias en cada zona debido a la influencia de aspectos externos tales como el clima y las características del predio.

Contratación del personal:

La contratación del personal estará a cargo del área administrativa de la empresa y se regirán bajo los convenios anteriormente mencionados. Serán contratos permanentes para aquellos puestos que realicen funciones dentro de la producción y administración; mientras que, para aquellas actividades complementarias, como mantenimiento, se realizarán contratos quincenales, mensuales o semestrales.

Los trabajadores bajo el convenio de UOCRA y FeTERA serán jornalizados, es decir, cobrarán su sueldo en quincenas mientras que los que estén bajo el convenio de UECARA, cobrarán su sueldo mensualmente.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Tipo de sociedad, fundamentos:

El tipo de sociedad será Sociedad Anónima debido a que el capital se encuentra dividido en acciones, hay una responsabilidad limitada por parte de los socios y se tiene a terceros como administradores.

Que el capital social de las sociedades anónimas esté representado por acciones, documentos eminentemente negociables, permite que los accionistas puedan libremente enajenarlas y recibir a cambio como precio el valor que tenga la acción en ese momento.

Permite el ingreso de nuevos socios ya sea porque adquieran acciones que le transfieran los dueños anteriores o porque suscriban otras nuevas que se emitan como consecuencia de aumentos posteriores de capital, esto hace que la persona del socio tenga una importancia secundaria a diferencia de las sociedades de personas, ya que lo que verdaderamente importa en la Sociedad Anónima es el Capital Social.

La Matriz Legal en la Provincia de Córdoba aplicable al proyecto se visualiza en el Anexo.

9. Evaluación de Impacto Ambiental y Social

La producción de energía a partir del biogás generado en el predio es un proyecto que genera impactos positivos tanto en lo económico como en lo ambiental a largo plazo.

Impactos socioeconómicos: El acceso a la energía eléctrica está directamente vinculado a la mejora en la calidad de vida de los habitantes. En este proyecto, la electricidad producida podría abastecer, según sea el escenario, a 2.000 viviendas de un promedio de cuatro habitantes, aproximadamente.

A corto plazo, la instalación de una planta de esta magnitud requiere de mano de obra capacitada para el diseño, la instalación, puesta en marcha y operación a fin de asegurar los estándares requeridos de producción que permitan establecer contratos de venta y suministro a la red eléctrica. La instalación, puesta en marcha y operación puede resultar de ejemplo para el uso del recurso y la tecnología, abriendo camino a nuevos emprendimientos.

Impactos ambientales: Como se mencionó anteriormente, la generación de energía eléctrica a partir de biogás de sitios de disposición final de RSU presenta dos grandes beneficios.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Además de brindar un impacto positivo a nivel global, la combustión del biogás es favorable a nivel local por la disminución de emisiones de otros gases contaminantes y olores presentes en el LFG, los cuales pueden presentar serios peligros para la vida y la salud humana, así como para el suelo, el aire y el agua.

Para cada periodo de interés considerado (construcción, operación y mantenimiento), se establecen todas las acciones susceptibles de producir impactos en el entorno, por lo cual se tiene en cuenta toda acción que: modifique el uso del suelo, emita contaminantes, deriven de almacenar residuos, sobreexplotan recursos, que actúen sobre el medio biótico, deterioren el paisaje, repercutan en la infraestructura, modifique el entorno social, económico y cultural, y/o deriven del incumplimiento de la normativa medioambiental vigente.

En la planta en estudio, las posibles acciones impactantes son:

Fase de Construcción:

- Preparación del terreno.
- Construcción de obras civiles, mecánicas y eléctricas.

Fase de Operación:

- Almacenamiento y utilización de insumos.
- Captación y acondicionamiento de Biogás.
- Proceso de generación y transformación de energía.
- Mantenimiento y limpieza de instalaciones.
- Actividades administrativas/sanitarias.

El entorno se constituye por elementos y procesos interrelacionados, que pertenecen a sistemas y subsistemas físico-biológicos y socioeconómico/cultural. A cada uno le pertenecen componentes ambientales que son susceptibles de recibir impactos, es decir, ser afectados por el proyecto.

Componente suelo:

- Pérdida de la capa orgánica.
- Contaminación por derrames.
- Contaminación por acumulación de residuos.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Componente atmosférico:

- Emisión de material particulado.
- Emisiones gaseosas.
- Generación de ruido.

Componente hídrico:

- Consumo del recurso.
- Generación de efluentes cloacales.
- Generación de efluentes contaminantes.

Componente biótico:

- Alteración de flora y fauna silvestre.
- Alteración del paisaje.

Componente socioeconómico:

- Generación de empleo.
- Fomento del uso de energías renovables.
- Abastecimiento energético de la zona.
- Accidentes Laborales.

Identificando las posibles alteraciones, se requiere previsión y valoración de cada aspecto mencionado, utilizando para tal fin una matriz de importancia de impactos. Los elementos de la matriz permiten identificar el impacto ambiental generado por una acción simple de una actividad sobre un factor ambiental considerado, en función del grado de incidencia de la alteración producida y la caracterización del efecto.

La fórmula de Importancia es:

$$\text{IMP} = \pm (3\text{I} + 2\text{EX} + \text{MO} + \text{PE} + \text{RV} + \text{SI} + \text{AC} + \text{EF} + \text{PR} + \text{MC})$$



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

Matriz de Importancia de Impacto Ambiental										
Fase del Proyecto		Construcción			Operación y Mantenimiento				TOTALES	
Acciones Impactantes		Preparación del Terreno	Construcción de obras civiles, mecánicas y eléctricas	Almacenamiento y utilización de insumos	Captación y acondicionamiento de Biogás	Proceso de generación y transformación de energía	Mantenimiento y limpieza de instalaciones	Actividades administrativas y sanitarias		
Componentes	Factores Ambientales									
Suelo	Perdida de capa orgánica	1	1	0	0	0	0	0	0.286	0.429
	Contaminación por derrames	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Contaminación por acumulación de residuos	0	0	0	0	0	1	0	0.143	
Aire	Emisión de material particulado	1	1	0	0	1	0	0	0.429	1.143
	Emisiones gaseosas	0	1	0	0	1	0	0	0.286	
	Generación de ruido	0	1	0	1	1	0	0	0.429	
Agua	Consumo del recurso	0	0	0	0	0	0	0	0	0.429
	Generación de efluentes cloacales	0	1	0	0	0	0	0	0.143	
	Generación de efluentes contaminantes	0	0	0	1	0	1	0	0.286	
Biotico	Alteración de flora y fauna silvestre	1	0	0	0	0	0	0	0.143	0.429
	Alteración del paisaje	1	1	0	0	0	0	0	0.286	
Socioeconómico	Generación de empleo	1	3	0	0	1	1	0	0.857	1.714
	Fomento del uso de energías renovables	0	0	0	0	1	0	0	0.143	
	Abastecimiento energético de la zona	0	0	0	0	3	0	0	0.429	
	Accidentes laborales	0	1	0	0	1	0	0	0.286	
TOTALES POR ACTIVIDAD		0.333	0.667	0	0.133	0.6	0.2	0		

IRRELEVANTES	0
MODERADOS	1
SEVEROS	3
CRITICOS	5

Tabla 16 – Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental y Social

Solo el componente socioeconómico se destaca por sobre el resto con una valoración mayor debido al abastecimiento energético de la zona y al fomento del uso e implementación de energías renovables.

En cuanto a la planificación, el desafío en los grandes centros urbanos actualmente es universalizar el servicio de recolección.

Con relación al tratamiento, se tiene una cantidad baja de municipios con plantas de separación y sólo incipientemente se están implementado sistemas de recolección diferenciada a nivel nacional. A su vez, en aquellos municipios donde sí hay plantas, queda mucho por avanzar para mejorar la tasa de recuperación de materiales reciclables y aún más todavía si se quiere mencionar la recuperación de orgánicos. Esto es clave a la hora de promover prácticas de la economía circular.

Como es observable, la matriz arroja resultados favorables y podemos decir que el proyecto no implica grandes daños en los componentes mencionados.



CAPITULO 4

ESTUDIO ECONOMICO

*Proyección, Evaluación Económica - Financiera,
Análisis de sensibilidad y riesgo.*



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10. Estudio Económico

10.1. Modelo Econométrico

Para poder llevar un correcto análisis del mercado nacional de la industria energética se realizó un modelo econométrico. Los regresores considerados son:

- Producto Bruto Interno (PIB)
- Población Nacional (POB)
- Consumo de energía eléctrica en GW/h (CONS)

Estos factores se relacionan linealmente con la demanda proyectada, siendo la fórmula matemática:

$$LN(CONS) = POB + LN(PIB)$$

Ecuación 1 - Formula Modelo Econométrico

La proyección en el consumo de energía eléctrica nacional es:

Año	PIB	POB NACIONAL	HISTORICO CONSUMO GWh	Proyeccion
2009	608872,88	40323477	104,19	106,9285294
2010	670523,68	40788453	111,19	4,41363975
2011	710781,60	41261490	113,50	4,490294258
2012	703485,99	41733271	117,57	4,568071225
2013	720407,11	42202935	117,51	4,646837283
2014	702306,05	42669500	123,38	4,726428295
2015	721487,15	43131966	128,56	4,806665317
2016	706477,85	43590368	128,12	4,887541397
2017	724592,92	44044811	125,45	4,969062152
2018	707377,44	44494502	125,03	5,051068842
2019	693046,44	44938712	128,904	5,133404667
2020	680903,56	45388099		5,218065858
2021	685271,58	45841980		5,304991003
2022	702403,37	46300400		5,394255315

Tabla 17 – Regresores, Histórico de Consumo y Proyección



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

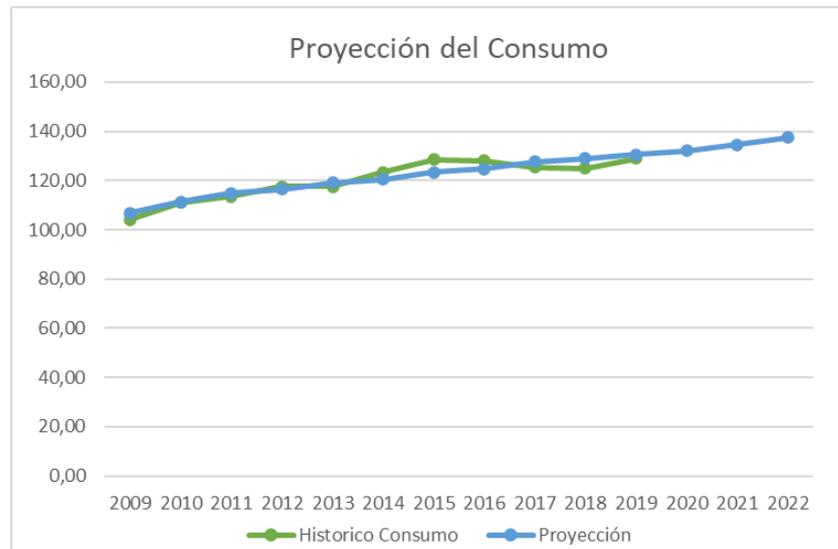


Gráfico 27 - Proyección del Consumo de Energía Eléctrica

En el grafico anterior se puede visualizar que el modelo predice un ligero crecimiento del consumo para los próximos periodos bajo estudio. No obstante, no se esperan modificaciones de extensión de la planta y se mantendrá constante la capacidad de generación en el tiempo.

El consumo nacional de energía eléctrica depende del crecimiento poblacional y de la actividad económica del país. De dicho análisis se observa que al incrementar la población se incrementa el consumo.

En este proyecto, el mercado no depende de cambios en el consumo del usuario final al momento de consumir determinada cantidad de energía; el porcentaje de consumo de energías renovables en la República Argentina se encuentra establecido por Ley. Se espera que para el 2025 este porcentaje se incremente al 20%.

La participación en el mercado se verá modificada en forma directamente proporcional con la demanda, en base al consumo que deberá existir de renovables en cada año; esta ira decreciendo con el correr de los periodos ya que su capacidad de generación, como se mencionó anteriormente, permanecerá constante.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Análisis Estructural del modelo:

a) Coeficientes y Estadísticos del modelo

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
POB	3.64E-08	5.37E-09	6.773596	0.0001
LOG(PIB)	0.240581	0.017032	14.12537	0.0000
R-squared	0.887016	Mean dependent var		4.787908
Adjusted R-squared	0.874462	S.D. dependent var		0.069515
S.E. of regression	0.024630	Akaike info criterion		-4.406744
Sum squared resid	0.005460	Schwarz criterion		-4.334399
Log likelihood	26.23709	Hannan-Quinn criter.		-4.452347
Durbin-Watson stat	1.127905			

Tabla 18 - Salida de datos Eviews I

Como se puede observar, los p- valores arrojados por Eviews son menores a 0,05 por lo tanto, se rechaza H0, aceptando la hipótesis de significación conjunta de los parámetros utilizados en el modelo.

El indicador de bondad de ajuste R cuadrado resulta ser de 0,87 y el ajustado 0,84 lo cual determina que el modelo es explicativo y con alta exactitud.

b) Test de Ramsey, linealidad del modelo

Ramsey RESET Test
Equation: UNTITLED
Specification: LOG(CONS) POB LOG(PIB)
Omitted Variables: Squares of fitted values

	Value	df	Probability
t-statistic	1.103391	8	0.3019
F-statistic	1.217473	(1, 8)	0.3019
Likelihood ratio	1.558253	1	0.2119

Tabla 19 - Salida de Eviews Test de Ramsey

Dicha prueba nos arroja un diagnóstico de linealidad del modelo debido a que las probabilidades son mayores a 0,05.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

c) Estabilidad Estructural

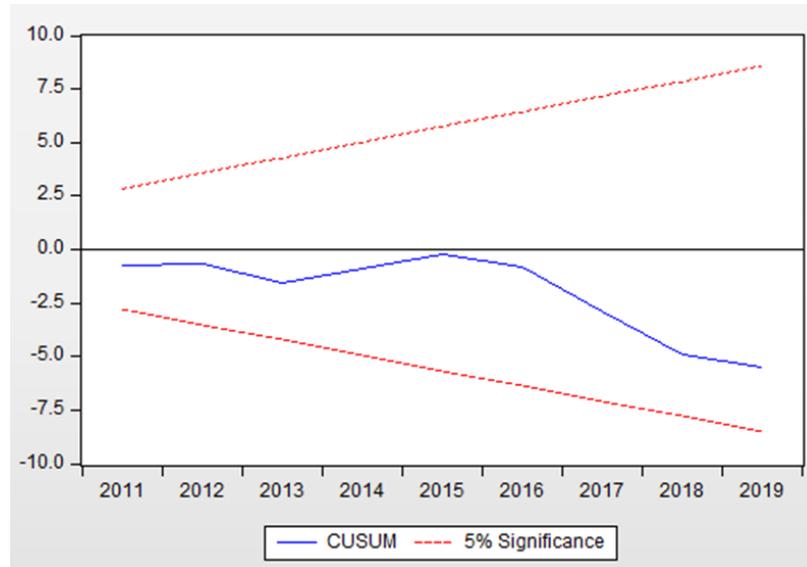


Tabla 20 - Salida Eviews Test de Cusum

Puede apreciarse una buena estabilidad del modelo debido a que no supera los límites del Test de CUSUM.

Análisis Residual

a) Normalidad de los Residuos, Test Jarque-Bera

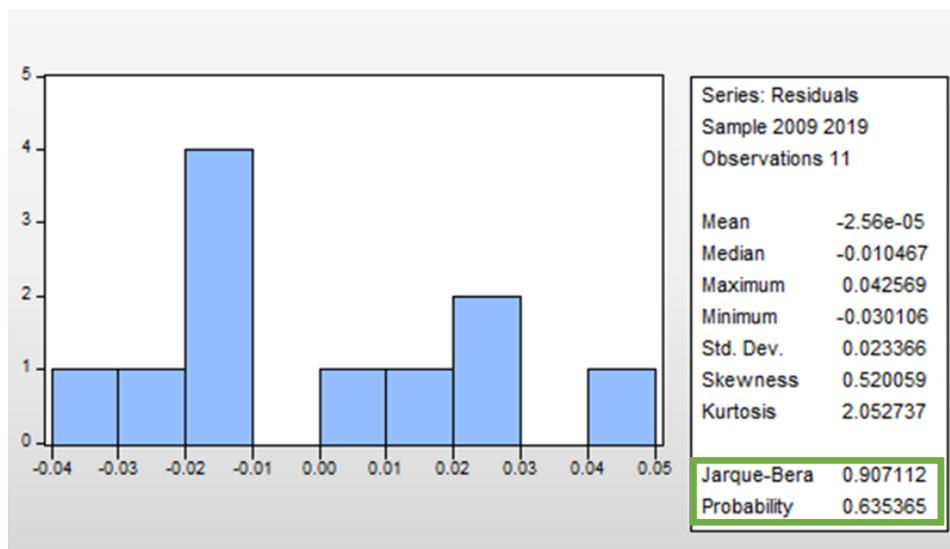


Tabla 21 - Salida de Eviews Test Jarque-Bera

Debido al p-valor mayor a 0,05 que arroja dicho Test, existe normalidad en los residuos.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

b) Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
F-statistic	0.966399	Prob. F(2,7)	0.4260
Obs*R-squared	2.380080	Prob. Chi-Square(2)	0.3042

Tabla 22 - Salida de Eviews Test Autocorrelación

Como la probabilidad es mayor a 0,05, demuestra que no hay autocorrelación de los residuos.

c) Test de White, Heteroscedasticidad del modelo

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	1.507331	Prob. F(3,7)	0.2941
Obs*R-squared	4.317128	Prob. Chi-Square(3)	0.2292
Scaled explained SS	1.517737	Prob. Chi-Square(3)	0.6782

Tabla 23 - Salida de Eviews Test White

Ya que los p-valores son mayores a 0,05 el modelo no tiene presencia de Heterocedasticidad y los residuos poseen Homoscedasticidad.

10.2. Datos de Generación

La planta trabajara los 365 días del año, las 24 horas del día; siendo este un proceso continuo. La potencia instalada será de 7 MW y su generación se fijará en 5 MW debido a la modelización anteriormente detallada por ende el factor de carga será de 71%; el precio en dólares de dicha generación se mantendrá estable durante el periodo proyectado.

SUPUESTOS PROYECTO		
Potencial de Generación 100%	Mw/h	43.800
Factor de carga	%	71%
Potencia nominal (MW)	MW	7,00
CAPEX GLOBAL	USD/MW	887.150
CAPEX EQUIPAMIENTO	USD/MW	787.857
CAPEX BoP	USD/MW	99.293
IVA CAPEX	USD/MW	103.576
Periodo depreciacion	años	10
OPEX - Full Service O&M	USD/MW	349.298
OPEX - Generales (tasas, seguros)	USD/MW	67.815
OPEX - % materia prima	USD/MW	13

Tabla 24 - Supuestos del Proyecto



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

SUPUESTOS DEL PPA (contrato de compra de energía)		
PPA duración	años	10
PPA Tarifa	USD/MWh	160
Indexación	%	0%

Tabla 25 - Supuestos del Power Purchase Agreement (Contratos de Compraventa de Energía)

10.3. Inversión

En la inversión inicial total se consideraron tanto los costos de materiales y actividades de ejecución del campo de captación de biogás, como los costos de las maquinarias y equipos necesarios en la planta de tratamiento para la correspondiente generación de energía. Los mismos se detallan a continuación:

INVERSION INICIAL		
EQUIPOS PARA PTG	USD	5,515,000.00
MATERIALES CAMPO DE COLECCION	USD	270,479.90
OBRA CIVIL PLANTA	USD	179,275.00
EJECUCION DE OBRAS CAMPO DE COLECCION	USD	245,293.42
TOTAL	USD	6,210,048.32

Tabla 26 - Inversión Inicial Total

Para mayor comprensión se desglosan los valores de cada uno de los ítems considerados para la inversión total:



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

ANALISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN EN CAMPO DE CAPTACIÓN - EJECUCIÓN DE OBRA						
RELLENO SANITARIO PIEDRAS BLANCAS - CORDOBA						
FECHA DE COSTEO 7 DE DICIEMBRE 2021						
1.- Costo de Inversión Ejecución de 30 trincheras						
#	Descripción	Unidad	Cantidad	Costos		
				Unitario	Total	
A	SUBTOTAL ITEM A				\$ 27,043,600.00	
1	RETROEXCAVADOR SOBRE ORUGAS - EJ.TRINCHERAS + MOV.SUELO Y RSU	MES	5.00	\$ 985,600.00	\$ 4,928,000.00	
2	CAMION VOLCADOR tipo TATU 14 M3 - EJ. TRINCHERAS TRANSPORTE DE SUELO	MES	5.00	\$ 680,000.00	\$ 3,400,000.00	
3	PALA CARGADORA- MOVIMIENTO DE SUELOS + RESIDUOS + ACOPIOS	MES	3.00	\$ 760,000.00	\$ 2,280,000.00	
4	RETROPALA SOBRE NEUMATICOS - MOVIMIENTO PIEDRA + CANERIAS	MES	4.00	\$ 760,000.00	\$ 3,040,000.00	
5	COMPACTACION interior de trinchera (de bentonita y de cobertura)	MES	3.00	\$ 320,200.00	\$ 960,600.00	
6	AGREGADO PETREO PARA TRINCHERAS	M3	1950.00	\$ 4,380.00	\$ 8,541,000.00	
7	GEOTEXTEL BIDIM RT8	M2	2850.00	\$ 180.00	\$ 513,000.00	
8	BENTONITA	TN	5.00	\$ 10,200.00	\$ 51,000.00	
9	SUELO COBERTURA FINAL TRINCHERAS	M3	5550.00	\$ 600.00	\$ 3,330,000.00	
TOTAL COSTOS SIN IVA (PESOS ARGENTINOS)				\$ 27,043,600.00		
TOTAL COSTOS SIN IVA (DOLARES ESTADOUNIDENSES)				USD	245,293.42	

Tabla 27 - Inversión en Ejecución Campo de Colección de Biogás ¹⁵

¹⁵ Valor dólar Oficial al 7/01/2022



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

ANALISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN EN CAMPO DE CAPTACIÓN - MATERIALES

RELLENO SANITARIO PIEDRAS BLANCAS - CORDOBA

FECHA DE COSTEO 7 DICIEMBRE 2021

2.- Costo de Inversión Materiales para 30 trincheras

#	Descripción	Unidad	Cantidad	Costos	
				Unitario	Total
A	TUBERIAS PEAD Y ACCESORIOS LINEA CONDUCCION - CAMARA PRINCIPAL			USD	137,560.00
1	TUBERIA PEAD PN6 500 mm FUSION	ML	240.00	USD 120.00	USD 28,800.00
2	TUBERIA PEAD PN6 450 mm FUSION	ML	240.00	USD 85.00	USD 20,400.00
3	TUBERIA PEAD PN6 400 mm FUSION	ML	800.00	USD 67.25	USD 53,800.00
4	RAMAL "CODO" PEAD 400mm	UN	2.00	USD 735.00	USD 1,470.00
5	RAMAL "CURVA" PEAD 400mm	UN	1.00	USD 400.00	USD 400.00
6	RAMAL "CODO" PEAD 450mm	UN	2.00	USD 650.00	USD 1,300.00
7	RAMAL "CURVA" PEAD 450mm	UN	1.00	USD 450.00	USD 450.00
8	RAMAL "Y" PEAD 450mm	UN	2.00	USD 830.00	USD 1,660.00
9	RAMAL "Y" PEAD 400mm	UN	1.00	USD 730.00	USD 730.00
10	RAMAL "Y" PEAD 500mm	UN	1.00	USD 975.00	USD 975.00
11	TAPA 450mm FUSION	UN	1.00	USD 420.00	USD 420.00
12	TAPA 400mm FUSION	UN	3.00	USD 390.00	USD 1,170.00
13	REDUCCION 450 A 400MM FUSION	UN	5.00	USD 650.00	USD 3,250.00
14	REDUCCION 500 A 450MM FUSION	UN	4.00	USD 915.00	USD 3,660.00
15	COLLARINES 20" PEAD Y BRIDAS ANSI 408 CON BULONES ((CONJUNTO= 2 collarines + 2 bridas))	UN	1.00	USD 665.00	USD 665.00
16	COLLARINES 18" PEAD Y BRIDAS ANSI 408 CON BULONES ((CONJUNTO= 2 collarines + 2 bridas))	UN	2.00	USD 530.00	USD 1,060.00
17	VALVULA MARIPOSA GENEBRE 18" CON JUNTA BUNA N	UN	1.00	USD 2,350.00	USD 2,350.00
18	COLLARINES 16" PEAD Y BRIDAS ANSI 408 CON BULONES ((CONJUNTO= 2 collarines + 2 bridas))	UN	10.00	USD 600.00	USD 6,000.00
19	VALVULA MARIPOSA GENEBRE 16" CON JUNTA BUNA N	UN	4.00	USD 1,900.00	USD 7,600.00
20	RAMAL "T" COLECTOR EN PEAD MEDIDAS APROX: LARGO 2M. Ø 500mm. Con tapa bridada para descarga de condensado. Para FOSO DE CONDENSADOS PRINCIPAL EN PLANTA. Desde aquí acomete JF SECCO a sus Blowers.	UN	1.00	USD 730.00	USD 730.00
21	RAMAL "CODO" PEAD 500mm	UN	1.00	USD 670.00	USD 670.00

Tabla 28 - Inversión en Materiales I



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

B		TUBERIAS PEAD Y ACCESORIOS TRINCHERAS DE CAPTACION DE BIOGAS			USD 84,254.10
1	TUBERIA PEAD DIAM 200mm CORRUGADA C/CUPLAS	ML	3630.00	\$ 17.00	USD 61,710.00
2	TUBERIA PEAD DIAM 160mm PN6	ML	500.00	\$ 12.45	USD 6,225.00
3	RAMAL a 90° 160mm PEAD PN 6	UN	30.00	\$ 78.65	USD 2,359.50
4	TUBERIA PEAD 90mm para descargas de trincheras	ML	1500.00	\$ 5.86	USD 8,790.00
5	TUBERÍA PEAD 110 mm para colector de descargas	ML	720.00	\$ 7.18	USD 5,169.60
C		CABEZALES DE TRINCHERAS			USD 6,124.70
1	ACCESORIOS PEAD REDUCCION 160mm A 50mm (Fusion Rosca hembra)	UN	30.00	USD 55.00	USD 1,650.00
2	VALVULAS ESFERICAS 2" MARCA ALBE CON DOBLE UNION DOBLE	UN	30.00	USD 44.84	USD 1,345.20
3	MANGUERAS FLEXIBLE ANILLADA - TAFF 2" (ROLLO 30m)	UN	5.00	USD 152.00	USD 760.00
4	SAMPLE PORTS Y ACCESORIOS DE CALIBRACION	UN	60.00	USD 30.00	USD 1,800.00
5	TE PP 2"	UN	30.00	USD 5.00	USD 150.00
6	CURVA 45° PP 2" ROSCA HH	UN	30.00	USD 3.00	USD 90.00
7	ENTREROSCA PP 2"	UN	60.00	USD 2.00	USD 120.00
8	ESPITA Rosca Macho - Enchufe 2"	UN	60.00	USD 1.50	USD 90.00
9	TAPON PP 2" Rosca M	UN	30.00	USD 1.20	USD 36.00
10	Teflon 3/4" Alta densidad Rollo x 30m	UN	12.00	USD 5.00	USD 60.00
11	Sellarosca Hidro 3 Pomo 200 cm3	UN	5.00	USD 4.70	USD 23.50

Tabla 29 - Inversión en Materiales II



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

D	ACCESORIOS PARA DESCARGAS DE LIXIVIADOS Y SISTEMA DE BOMBEO				USD 40,021.10
1	RAMAL "Y" 60° PEAD 110 X 110 X 110	UN	54.00	USD 65.00	USD 3,510.00
2	REDUCCION 110 X 50 PEAD FUSION - RH	UN	54.00	USD 25.00	USD 1,350.00
3	REDUCCION 90 X 50 PEAD FUSION - RH	UN	54.00	USD 15.00	USD 810.00
4	NIPLE PP 2" X 10 CM	UN	60.00	USD 5.00	USD 300.00
5	VALVULAS ESFERICAS 2" MARCA ALBE CON DOBLE UNION DOBLE	UN	54.00	USD 44.80	USD 2,419.20
6-	DRENES VERTICALES con SISTEMA DE BOMBEO (Canos Hormigon armado ϕ 1000mm x 1200mm)	UN	11.00	USD 200.00	USD 2,200.00
6A	Niple PP ϕ 2" (entre rosca) L=100mm	UN	22.00	USD 4.80	USD 105.60
6B	Codo 90° ϕ 2" MH (MACHO HEMBRA) PP	UN	22.00	USD 4.80	USD 105.60
6C	Cupla ϕ 2" HH PP	UN	22.00	USD 2.30	USD 50.60
6D	Union Doble ϕ 2" PP	UN	11.00	USD 9.70	USD 106.70
6E	TUBO ϕ 2" x 4M POLIPROPILENO	UN	11.00	USD 19.00	USD 209.00
6F	Valvula de retencion PVC roscable de 2"	UN	22.00	USD 40.00	USD 880.00
6G	Bomba Grundfos AP 12.5 1,5hp 380v (O similar)	UN	8.00	USD 1,445.00	USD 11,560.00
6H	Caja estanca Tableplast de 35cm x 35cm	UN	8.00	USD 48.00	USD 384.00
6I	Disyuntor tetrapolar 25 Amp ABB o Siemens	UN	8.00	USD 65.00	USD 520.00
6J	Termica tetrapolar 25 Amp ABB O Siemens	UN	8.00	USD 24.00	USD 192.00
6K	Contactador ABB 100 (O Siemens) tetrapolar con bobina 220v con relevo termico de 3.5 a 7amp ABB o Siemens	UN	8.00	USD 20.00	USD 160.00
6L	Cinta aisladora PVC	UN	4.00	USD 2.30	USD 9.20
6M	Cinta Teflon 3/4 alta densidad	UN	4.00	USD 5.00	USD 20.00
6N	Sellarosca Hidro3	UN	4.00	USD 4.80	USD 19.20
6O	Cable unipolar 3mm	ML	140.00	USD 3.20	USD 448.00
6P	Llave Termica Bipolar 16 amp ABB o Siemens	UN	8.00	USD 10.00	USD 80.00
7	RED Electrica para Drenes y camara de condensado Item E	ML	600.00	USD 18.00	USD 10,800.00
7A	Morseto derivador de Bajada LCT PKD 14 (o similar)	UN	14.00	USD 2.50	USD 35.00
7B	Cable tipo Sintenax 5 x 6 mm ² IRAM 2178 1,1 Kv Cat II	ML	550.00	USD 4.30	USD 2,365.00
7C	Manguera Polietileno 1"	ML	550.00	USD 1.40	USD 770.00
7D	Poste eucalipto impregnado 9m de longitud	UN	9.00	USD 68.00	USD 612.00
E	CAMARA DE CONDENSADO				USD 2,520.00
1	CAMARA SECUNDARIA EN CAMPO COLECCIÓN. Canos prefabricados ϕ 1.8m x 1.5m x 3unidades	Un	4.00	\$ 630.00	USD 2,520.00
TOTAL COSTOS SIN IVA					USD 270,479.90

Tabla 30 - Inversión en Materiales III ¹⁶

¹⁶ Costos según presupuestos provistos por Plásticalde y Electroplat



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

ANALISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN EN MAQUINARIA Y EQUIPOS DE PTG

RELLENO SANITARIO PIEDRAS BLANCAS - CORDOBA

3.- Costo de Inversión Equipos

#	Descripción	MARCA/MODELO	Cantidad	Costos	
				Unitario	Total
A SUBTOTAL ITEM A					
1	SEPARADOR DE CONDENSADO	LANDEC	1	USD 75,000.00	USD 75,000.00
2	BLOWER	John Zink	3	USD 250,000.00	USD 750,000.00
3	ANTORCHA	John Zink - ZULE	1	USD 95,000.00	USD 95,000.00
4	CHILLER	APROVIS Energy Systems	1	USD 180,000.00	USD 180,000.00
5	BOOSTER	Continental Industrie	3	USD 260,000.00	USD 780,000.00
6	INTERCAMBIADOR DE CALOR	APROVIS Energy Systems - AS T 120/HE	1	USD 100,000.00	USD 100,000.00
7	FILTRO DE PARTICULAS	Solberg Manufacturing Inc.	3	USD 80,000.00	USD 240,000.00
8	BGAKC	Parker Hiross - BGAKC 2000	1	USD 320,000.00	USD 320,000.00
B SUBTOTAL ITEM B					
9	MOTOGENERADOR	Jenbacher - JGC 320 GS-L.L	5	USD 590,000.00	USD 2,950,000.00
10	ANALIZADOR DE GASES	ABB - ATG180001-MP-1118-001	1	USD 25,000.00	USD 25,000.00
TOTAL COSTOS SIN IVA (DOLARES ESTADOUNIDENSES)					USD 5,515,000.00

Tabla 31 - Inversión en Equipos PTG

ANALISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN EN CAMPO DE CAPTACIÓN - OBRA CIVIL

RELLENO SANITARIO PIEDRAS BLANCAS - CORDOBA

FECHA DE COSTEO 7 DICIEMBRE 2021

4.- Costo de Inversión Obra Civil

#	Descripción	Unidad	Cantidad	Costos	
				Unitario	Total
A Obra Civil Instalaciones Planta					
1	Bloque Generación			USD	79,195.00
2	Bloque PTG			USD	43,370.00
B Obra Civil Servicios					
1	Platea Tanque Agua			USD	1,560.00
C Obra Civil Generales Generación					
1	Iluminacion			USD	2,315.00
2	Cerco Perimetral			USD	10,725.00
3	Otros			USD	3,980.00
D Puesta a Tierra					
1	Puesta a Tierra			USD	35,000.00
E Movimiento de Suelo					
1	Movimiento de Suelo			USD	46,500.00
TOTAL COSTOS SIN IVA (DOLARES ESTADOUNIDENSES)					USD 179,275.00

Tabla 32 - Inversión Obra Civil

Considerando la adquisición de todos los materiales necesarios para el sistema de captación de biogás, las obras civiles e instalación de los equipos de la Planta de Generación y posterior puesta en marcha de la misma, se obtiene un total de inversión de \$6.214.004,67 dólares estadounidenses.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10.4. Alícuotas Impositivas

Los supuestos considerados en los impuestos y tasas fueron los siguientes:

Alícuota IVA	21%
Alícuota IVA 10.5	10,5%
Ganancias	35%
IIBB y otros imp	5,00%
Tasa Descuento Equity	8%
Valor Residual	10%

Tabla 33 - Impuestos y Tasas

10.5. Costos e ingresos directos de Producción

En la tabla a continuación se muestra la generación de energía en MWh/año y se establece un precio en dólares de 160 USD/MWh, obteniendo un ingreso por venta anual:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
MWh Producido para Vta	43,800	43,800	43,800	43,800	43,800
Precio Vta USD/MWh	160	160	160	160	160
Ventas USD/MWh	7,008,000	7,008,000	7,008,000	7,008,000	7,008,000

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
MWh Producido para Vta	43,800	43,800	43,800	43,800	43,800
Precio Vta USD/MWh	160	160	160	160	160
Ventas USD/MWh	7,008,000	7,008,000	7,008,000	7,008,000	7,008,000

Tabla 34 – Ingreso por venta de generación



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

Costos Directos Producción (\$ neto de IVA)	sin inflacionar			
	Per. 0	Año 1	Año 2	Año 3
M.O.D	145.495.928	107.957.979	74.013.079	76.754.304
Materiales PEAD	35.784.491	17.701.395	28.676.260	22.764.776
Combustibles, Refrigerantes y Lubricantes	15.840.000	23.506.560	25.387.085	20.153.650
Áridos	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000
Total (\$ netos de IVA)	\$ 242.120.418,85	\$ 194.165.933,40	\$ 173.076.422,87	\$ 164.672.730,01
Total (USD netos de IVA)	\$ 2.322.498,02	\$ 1.862.502,96	\$ 1.660.205,50	\$ 1.579.594,53

Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
75.383.691	74.013.079	72.642.466	71.271.853	70.586.547	70.586.547	70.586.547
29.754.390	28.622.311	41.223.258	39.580.491	38.403.285	38.010.124	37.998.329
19.756.165	19.004.493	18.247.470	17.520.299	16.999.209	16.825.176	16.819.955
45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000
\$ 169.894.246,06	\$ 166.639.882,84	\$ 177.113.193,60	\$ 173.372.642,74	\$ 170.989.041,21	\$ 170.421.847,45	\$ 170.404.831,63
\$ 1.629.681,02	\$ 1.598.464,10	\$ 1.698.927,52	\$ 1.663.046,93	\$ 1.640.182,65	\$ 1.634.741,94	\$ 1.634.578,72

Tabla 35 - Costos Directos de Producción

10.6. Costo de producir la Energía

Cálculo del COSTO DE LA ENERGÍA	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Flujo de Costos \$	\$ 6.210.048	\$ 3.570.195	\$ 2.970.419	\$ 2.970.419	\$ 2.970.419
Valor actual del flujo de costos	27.399.690				

Cálculo del COSTO DE LA ENERGÍA	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Flujo de Costos \$	\$ 2.970.419	\$ 2.970.419	\$ 2.970.419	\$ 3.437.623	\$ 3.437.623	\$ 3.437.623
Valor actual del flujo de costos						

Valor Actual Energía **438.003**

LCOE U\$S/MWh **75,36**

Tabla 36 - Costo Nivelado de la Energía

El costo de producir un megavatio por hora es de 75,36 dólares. Este costo es el resultado de dividir el valor actual de la energía por el valor actual de los flujos de costos de producción.

A ello se le debe sumar el porcentaje que se le debe abonar al municipio por brindar la materia prima siendo esta basura. Cada proyecto de valorización de biogás debe acordar un porcentaje con el municipio y/o operador del relleno en base a la tarifa que aplica el proyecto. En este caso se deberá abonar un 8% de la tarifa, siendo este de 13 dólares por megavatio hora.

Al ser la tarifa de 160 dólares por megavatio hora, el proyecto obtiene un margen de ganancia del 52,9%.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10.7. Balance de Personal

10.7.1. Composición de Sueldos Jornales y Mensuales ¹⁷

	1	2	3	4	5	6
Básico mensual	126.959	109.738	93.520	79.198	153.300	1.523.510
Premio % s/(A)	0	0	0	0	0	0
Sueldo Bruto Mensual	126.959	109.738	93.520	79.198	153.300	1.523.510
Descuentos						
Sindicato	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Jubilación	11%	11%	11%	11%	11%	11%
Obra Social	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
Seguros	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
Aguinaldo	12.326	10.654	9.079	7.689	14.883	147.907
Vacaciones	12.061	10.425	8.884	7.524	14.564	144.733

7	8	9	10	11	12	13	14
93.683	146.000	126.533	85.000	60.000	145.000	90.000	95.000
0	0	0	0	0	0	0	0
93.683	146.000	126.533	85.000	60.000	145.000	90.000	95.000
2,5%	2,5%	2,5%	3%	3%	3%	3%	3%
11%	11%	11%	13%	13%	13%	13%	13%
3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
0,4%	0,4%	0,4%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
9.095	14.174	12.284	8.429	5.950	14.379	8.925	5.249
8.900	13.870	12.021	8.217	5.800	14.017	8.700	4.881

Tabla 37 - Composición de Sueldos según categorías y convenios

¹⁷ Valores en pesos argentinos



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10.7.2. Erogaciones del Personal ¹⁸

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Sector de Captación				
Encargado de Obra	\$ 3.139.794,30	\$ 2.285.025,50	\$ 2.369.656,08	\$ 2.327.340,79
Oficial Especializado	\$ 5.427.827,26	\$ 3.950.170,78	\$ 4.096.473,40	\$ 4.023.322,09
Oficial No Especializado	\$ 4.625.652,69	\$ 3.366.377,97	\$ 3.491.058,63	\$ 3.428.718,30
Ayudante	\$ 1.958.617,83	\$ 1.425.409,20	\$ 1.478.202,13	\$ 1.451.805,67
Subtotal Captación	\$ 15.151.892,08	\$ 11.026.983,45	\$ 11.435.390,25	\$ 11.231.186,85
Sector Planta de Generación				
Encargado de Planta	\$ 6.340.021,81	\$ 4.614.032,04	\$ 4.784.922,12	\$ 4.699.477,08
Oficial Especializado	\$ 35.308.630,39	\$ 25.696.307,83	\$ 26.648.022,93	\$ 26.172.165,38
Ayudante Especializado	\$ 37.677.531,65	\$ 27.420.306,05	\$ 28.435.872,94	\$ 27.928.089,50
Técnicos	\$ 7.221.376,45	\$ 5.255.449,17	\$ 5.450.095,44	\$ 5.352.772,30
Operarios	\$ 6.258.526,26	\$ 4.606.628,29	\$ 4.801.274,55	\$ 4.703.951,42
Subtotal Planta de Generación	\$ 92.806.086,56	\$ 62.986.095,10	\$ 65.318.913,43	\$ 64.152.504,26
Sector Administración				
Encargado del área	\$ 2.172.288,48	\$ 1.580.910,75	\$ 1.639.463,00	\$ 1.610.186,88
Personal	\$ 3.066.760,20	\$ 2.231.874,00	\$ 2.314.536,00	\$ 2.273.205,00
Subtotal Administración	\$ 5.239.048,68	\$ 3.812.784,75	\$ 3.953.999,00	\$ 3.883.391,88
Sector Dirección de Obra e Ingeniería				
Ingeniero Civil	\$ 3.705.668,58	\$ 2.696.847,75	\$ 2.796.731,00	\$ 2.746.789,38
Lic. Seguridad e Higiene	\$ 2.300.070,15	\$ 1.673.905,50	\$ 1.735.902,00	\$ 1.704.903,75
Subtotal Dirección de Obra e Ingeniería	\$ 6.005.738,73	\$ 4.370.753,25	\$ 4.532.633,00	\$ 4.451.693,13
Sector Compras				
Ingeniero Industrial	\$ 2.250.542,66	\$ 1.637.861,23	\$ 1.698.522,76	\$ 1.668.192,00
Subtotal Compras	\$ 2.250.542,66	\$ 1.637.861,23	\$ 1.698.522,76	\$ 1.668.192,00
Total	\$ 121.453.308,69	\$ 83.834.477,78	\$ 86.939.458,44	\$ 85.386.968,11

¹⁸ Valores en pesos argentinos



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
\$ 2.285.025,50	\$ 2.242.710,22	\$ 2.200.394,93	\$ 2.179.237,29	\$ 2.179.237,29	\$ 2.179.237,29
\$ 3.950.170,78	\$ 3.877.019,47	\$ 3.803.868,16	\$ 3.767.292,50	\$ 3.767.292,50	\$ 3.767.292,50
\$ 3.366.377,97	\$ 3.304.037,63	\$ 3.241.697,30	\$ 3.210.527,13	\$ 3.210.527,13	\$ 3.210.527,13
\$ 1.425.409,20	\$ 1.399.012,73	\$ 1.372.616,27	\$ 1.359.418,03	\$ 1.359.418,03	\$ 1.359.418,03
\$ 11.026.983,45	\$ 10.822.780,05	\$ 10.618.576,66	\$ 10.516.474,96	\$ 10.516.474,96	\$ 10.516.474,96
\$ 4.614.032,04	\$ 4.528.587,01	\$ 4.443.141,97	\$ 4.400.419,45	\$ 4.400.419,45	\$ 4.400.419,45
\$ 25.696.307,83	\$ 25.220.450,28	\$ 24.744.592,72	\$ 24.506.663,95	\$ 24.506.663,95	\$ 24.506.663,95
\$ 27.420.306,05	\$ 26.912.522,61	\$ 26.404.739,16	\$ 26.150.847,44	\$ 26.150.847,44	\$ 26.150.847,44
\$ 5.255.449,17	\$ 5.158.126,04	\$ 5.060.802,91	\$ 5.012.141,34	\$ 5.012.141,34	\$ 5.012.141,34
\$ 4.606.628,29	\$ 4.509.305,15	\$ 4.411.982,02	\$ 4.363.320,45	\$ 4.363.320,45	\$ 4.363.320,45
\$ 62.986.095,10	\$ 61.819.685,93	\$ 60.653.276,76	\$ 60.070.072,17	\$ 60.070.072,17	\$ 60.070.072,17
\$ 1.580.910,75	\$ 1.551.634,63	\$ 1.522.358,50	\$ 1.507.720,44	\$ 1.507.720,44	\$ 1.507.720,44
\$ 2.231.874,00	\$ 2.190.543,00	\$ 2.149.212,00	\$ 2.128.546,50	\$ 2.128.546,50	\$ 2.128.546,50
\$ 3.812.784,75	\$ 3.742.177,63	\$ 3.671.570,50	\$ 3.636.266,94	\$ 3.636.266,94	\$ 3.636.266,94
\$ 2.696.847,75	\$ 2.646.906,13	\$ 2.596.964,50	\$ 2.571.993,69	\$ 2.571.993,69	\$ 2.571.993,69
\$ 1.673.905,50	\$ 1.642.907,25	\$ 1.611.909,00	\$ 1.596.409,88	\$ 1.596.409,88	\$ 1.596.409,88
\$ 4.370.753,25	\$ 4.289.813,38	\$ 4.208.873,50	\$ 4.168.403,56	\$ 4.168.403,56	\$ 4.168.403,56
\$ 1.637.861,23	\$ 1.607.530,47	\$ 1.577.199,71	\$ 1.562.034,32	\$ 1.562.034,32	\$ 1.562.034,32
\$ 1.637.861,23	\$ 1.607.530,47	\$ 1.577.199,71	\$ 1.562.034,32	\$ 1.562.034,32	\$ 1.562.034,32
\$ 83.834.477,78	\$ 82.281.987,45	\$ 80.729.497,12	\$ 79.953.251,96	\$ 79.953.251,96	\$ 79.953.251,96

Tabla 38 - Erogaciones Personal

10.8. Gastos generales y de administración ¹⁹

	Monto Neto IVA	
	\$/mes	\$/Año
Gastos Generales Producción		
Gs. Varios Mantenimiento	\$ 890.000,00	\$ 10.680.000,00
Art. Ferreteria	\$ 85.000,00	\$ 1.020.000,00
Insumos Varios	\$ 90.000,00	\$ 1.080.000,00
<i>Subtotal I</i>	\$ 1.065.000,00	\$ 12.780.000,00
Gastos Administración		
Insumos Varios	\$ 12.000,00	\$ 144.000,00
Seguros y ART	\$ 1.800.000,00	\$ 21.600.000,00
Estudio Juridico	\$ 100.000,00	\$ 1.200.000,00
Estudio Contable	\$ 120.000,00	\$ 1.440.000,00
Telefonía e Internet	\$ 30.000,00	\$ 360.000,00
<i>Subtotal II</i>	\$ 2.062.000,00	\$ 24.744.000,00
Total (\$ ARGENTINOS)	\$ 3.127.000,00	\$ 37.524.000,00
Total (USD)	\$ 29.995,20	\$ 359.942,45

Tabla 39 - Gastos Generales

¹⁹ Valores en pesos argentinos



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Gastos Generales Producción				
Gs. Varios Mantenimiento	15.849.120	17.117.050	13.588.446	13.320.445
Art. Ferreteria	1.513.680	1.634.774	1.297.773	1.272.177
Insumos Varios	1.602.720	1.730.938	1.374.113	1.347.011
<i>Subtotal I</i>	<i>18.965.520</i>	<i>20.482.762</i>	<i>16.260.331</i>	<i>15.939.633</i>
<i>Subtotal I (USD)</i>	<i>181.923</i>	<i>196.477</i>	<i>155.974</i>	<i>152.898</i>
Gastos Administración				
Insumos Varios	213.696	230.792	183.215	179.602
Seguros y ART	32.054.400	34.618.752	27.482.250	26.940.225
Estudio Juridico	1.780.800	1.923.264	1.526.792	1.496.679
Estudio Contable	2.136.960	2.307.917	1.832.150	1.796.015
Telefonía e Internet	534.240	576.979	458.038	449.004
<i>Subtotal II</i>	<i>36.720.096</i>	<i>39.657.704</i>	<i>31.482.444</i>	<i>30.861.524</i>
<i>Subtotal II (USD)</i>	<i>352.231</i>	<i>380.410</i>	<i>301.990</i>	<i>296.034</i>
Total Costos Indirectos (\$ Neto de IVA)	\$ 55.685.616,00	\$ 60.140.465,28	\$ 47.742.775,83	\$ 46.801.157,58
Total Costos Indirectos (USD Neto de IVA)	\$ 534.154,59	\$ 576.886,96	\$ 457.964,28	\$ 448.931,97

Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
12.813.636	12.303.218	11.812.929	11.461.588	11.344.248	11.340.727
1.223.774	1.175.026	1.128.201	1.094.646	1.083.439	1.083.103
1.295.761	1.244.146	1.194.566	1.159.037	1.147.171	1.146.815
<i>15.333.171</i>	<i>14.722.390</i>	<i>14.135.696</i>	<i>13.715.271</i>	<i>13.574.858</i>	<i>13.570.646</i>
<i>147.081</i>	<i>141.222</i>	<i>135.594</i>	<i>131.561</i>	<i>130.214</i>	<i>130.174</i>
172.768	165.886	159.275	154.538	152.956	152.909
25.915.218	24.882.913	23.891.317	23.180.739	22.943.422	22.936.303
1.439.734	1.382.384	1.327.295	1.287.819	1.274.635	1.274.239
1.727.681	1.658.861	1.592.754	1.545.383	1.529.561	1.529.087
431.920	414.715	398.189	386.346	382.390	382.272
<i>29.687.322</i>	<i>28.504.759</i>	<i>27.368.830</i>	<i>26.554.825</i>	<i>26.282.965</i>	<i>26.274.809</i>
<i>284.770</i>	<i>273.427</i>	<i>262.531</i>	<i>254.723</i>	<i>252.115</i>	<i>252.037</i>
\$ 45.020.492,61	\$ 43.227.149,56	\$ 41.504.525,98	\$ 40.270.095,78	\$ 39.857.822,87	\$ 39.845.454,69
\$ 431.851,25	\$ 414.648,92	\$ 398.124,95	\$ 386.283,89	\$ 382.329,24	\$ 382.210,60

Tabla 40 - Consolidación de Gastos Generales Producción y Administración



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10.9. Cálculo de IVA²⁰

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
IVA Ventas	162.252.720	162.252.720	162.252.720	162.252.720
IVA Compras				
Costos Directos Producción				
M.O.D	\$ 22.671.175,51	\$ 15.542.746,49	\$ 16.118.403,77	\$ 15.830.575,13
Materiales PEAD	\$ 3.717.292,90	\$ 6.022.014,50	\$ 4.780.602,99	\$ 6.248.421,89
Combustibles, Refrigerantes y Lubricantes	\$ 4.936.377,60	\$ 5.331.287,81	\$ 4.232.266,54	\$ 4.148.794,65
Áridos	\$ 9.450.000,00	\$ 9.450.000,00	\$ 9.450.000,00	\$ 9.450.000,00
IVA D NOF	2.397.744	-420.082	45.889	-30.518
SubTotal I	43.172.590	35.925.967	34.627.163	35.647.274
Gastos Generales Producción				
IVA Gs. Varios Mantenimiento	\$ 3.328.315,20	\$ 3.594.580,42	\$ 2.853.573,65	\$ 2.797.293,36
IVA Art. Ferrería	\$ 317.872,80	\$ 343.302,62	\$ 272.532,31	\$ 267.157,23
Insumos Varios	\$ 336.571,20	\$ 363.496,90	\$ 288.563,63	\$ 282.872,36
Subtotal II	\$ 3.982.759,20	\$ 4.301.379,94	\$ 3.414.669,59	\$ 3.347.322,96
Gastos Administración				
IVA Insumos Varios	\$ 44.876,16	\$ 48.466,25	\$ 38.475,15	\$ 37.716,32
IVA Seguros y ART	\$ 6.731.424,00	\$ 7.269.937,92	\$ 5.771.272,55	\$ 5.657.447,26
IVA Estudio Jurídico	\$ 373.968,00	\$ 403.885,44	\$ 320.626,25	\$ 314.302,63
IVA Estudio Contable	\$ 448.761,60	\$ 484.662,53	\$ 384.751,50	\$ 377.163,15
IVA Telefonía e Internet	\$ 112.190,40	\$ 121.165,63	\$ 96.187,88	\$ 94.290,79
Subtotal III	\$ 7.711.220,16	\$ 8.328.117,77	\$ 6.611.313,33	\$ 6.480.920,13
IVA Intereses y comisiones	\$ 203.891,45	\$ 165.908,69	\$ 120.329,38	\$ 65.634,21
Total IVA Compras	55.070.461	48.721.374	44.773.475	45.541.151
Poción Técnica IVA	107.182.259	113.531.346	117.479.245	116.711.569
IVA Inversión	1.266.462	513.468	513.468	513.468

Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
162.252.720	162.252.720	162.252.720	162.252.720	162.252.720	162.252.720
\$ 15.542.746,49	\$ 15.254.917,86	\$ 14.967.089,22	\$ 14.823.174,90	\$ 14.823.174,90	\$ 14.823.174,90
\$ 6.010.685,33	\$ 8.656.884,19	\$ 8.311.903,01	\$ 8.064.689,87	\$ 7.982.126,05	\$ 7.979.649,14
\$ 3.990.943,57	\$ 3.831.968,61	\$ 3.679.262,74	\$ 3.569.833,88	\$ 3.533.287,02	\$ 3.532.190,61
\$ 9.450.000,00	\$ 9.450.000,00	\$ 9.450.000,00	\$ 9.450.000,00	\$ 9.450.000,00	\$ 9.450.000,00
-36.631	-36.724	-36.208	-20.823	-3.004	-90
34.957.744	37.157.047	36.372.047	35.886.876	35.785.584	35.784.925
\$ 2.690.863,47	\$ 2.583.675,81	\$ 2.480.715,03	\$ 2.406.933,45	\$ 2.382.292,00	\$ 2.381.552,76
\$ 256.992,58	\$ 246.755,55	\$ 236.922,22	\$ 229.875,67	\$ 227.522,27	\$ 227.451,67
\$ 272.109,79	\$ 261.270,59	\$ 250.858,82	\$ 243.397,76	\$ 240.905,93	\$ 240.831,18
\$ 3.219.965,84	\$ 3.091.701,95	\$ 2.968.496,08	\$ 2.880.206,88	\$ 2.850.720,21	\$ 2.849.835,61
\$ 36.281,31	\$ 34.836,08	\$ 33.447,84	\$ 32.453,04	\$ 32.120,79	\$ 32.110,82
\$ 5.442.195,78	\$ 5.225.411,75	\$ 5.017.176,47	\$ 4.867.955,29	\$ 4.818.118,66	\$ 4.816.623,56
\$ 302.344,21	\$ 290.300,65	\$ 278.732,03	\$ 270.441,96	\$ 267.673,26	\$ 267.590,20
\$ 362.813,05	\$ 348.360,78	\$ 334.478,43	\$ 324.530,35	\$ 321.207,91	\$ 321.108,24
\$ 90.703,26	\$ 87.090,20	\$ 83.619,61	\$ 81.132,59	\$ 80.301,98	\$ 80.277,06
\$ 6.234.337,61	\$ 5.985.999,46	\$ 5.747.454,38	\$ 5.576.513,23	\$ 5.519.422,60	\$ 5.517.709,88
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
44.412.048	46.234.748	45.087.997	44.343.596	44.155.727	44.152.470
117.840.672	116.017.972	117.164.723	117.909.124	118.096.993	118.100.250
513.468	513.468	513.468	513.468	513.468	513.468

Tabla 41 – IVA

²⁰ Valores en pesos argentinos



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10.10. Financiamiento y Amortización de la deuda

Para llevar adelante el financiamiento del proyecto se tomó la decisión de pedir un préstamo al Banco Nación, el cual se encuentra a favor de proyectos de inversión de fuentes renovables para la generación de energía eléctrica.

ESTRUCTURA FINANCIERA		
Deuda	%	70%
T.N.A.	%	20%
Periodo de la Deuda	años	5
DSCR limite (ratio de cobertura del servicio de la deuda)		1,2

Tabla 42 - Estructura Financiera

Periodos	0	1
Flujo de fondos de la deuda	\$ -4,854,558.43	\$ -3,950,207.01
		\$ 1,875,263.11
- Interes		\$ 970,911.69
- Devolución		\$ 904,351.42
Servicio de deuda		\$ 1,875,263.00
DSCR		1.99
DSCR limit		1.20
Deuda / EBITDA		\$ 1.06

	2	3	4
\$	-2,864,985.30	\$ -1,562,719.26	\$ -
\$	1,875,263.11	\$ 1,875,263.11	\$ 1,875,263.11
\$	790,041.40	\$ 572,997.06	\$ 312,543.85
\$	1,085,221.71	\$ 1,302,266.05	\$ 1,562,719.26
\$	1,875,263.00	\$ 1,875,263.00	\$ 1,875,263.00
	1.99	1.99	1.99
	1.20	1.20	1.20
	0.77	0.42	-

Tabla 43 - Amortización de la Deuda



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10.11. Cuadro de Resultados Proyectado

Año	0	1	2	3	4
INGRESOS					
Generación (q)	MWh	43.800	43.800	43.800	43.800
Tarifa Contrato PPA	USD	160	160	160	160
Ingresos (facturación)	USD	7.008.042	7.008.042	7.008.042	7.008.042
IVA débito	USD	1.471.689	1.471.689	1.471.689	1.471.689
EGRESOS					
OPEX - Full Service O&M	USD	2.445.088	2.445.088	2.445.088	2.445.088
OPEX - Generales (tasas, seguros)	USD	474.705	474.929	474.929	474.929
IIBB y otros imp	USD	350.402	350.402	350.402	350.402
TOTAL	USD	3.270.195	3.270.419	3.270.419	3.270.419
EBITDA (ganancias antes de int, imp, amort)	USD	3.737.847	3.737.623	3.737.623	3.737.623
Amortizaciones	USD	621.005	621.005	621.005	621.005
EBIT	USD	3.116.842	3.116.618	3.116.618	3.116.618
Intereses	USD	970.912	790.041	572.997	312.544
EBT	USD	2.145.930	2.326.577	2.543.621	2.804.074
Impuesto a la ganancia teórico	USD	751.076	814.302	890.267	981.426
Loss carried forward (max 5 yr)	USD	2.145.930	4.472.507	7.016.128	9.820.203
Impuesto a la ganancia aplicado	USD	751.076	814.302	890.267	981.426
E (Beneficio Neto)	USD	1.394.855	1.512.275	1.653.354	1.822.648

Año	5	6	7	8	9	10
INGRESOS						
Generación (q)	43.800	43.800	43.800	43.800	43.800	43.800
Tarifa Contrato PPA	160	160	160	160	160	160
Ingresos (facturación)	7.008.042	7.008.042	7.008.042	7.008.042	7.008.042	7.008.042
IVA débito	1.471.689	1.471.689	1.471.689	1.471.689	1.471.689	1.471.689
EGRESOS						
OPEX - Full Service O&M	2.445.088	2.445.088	2.445.088	2.445.088	2.445.088	2.445.088
OPEX - Generales (tasas, seguros)	474.929	474.929	474.929	474.929	474.929	474.929
IIBB y otros imp	350.402	350.402	350.402	350.402	350.402	350.402
TOTAL	3.270.419	3.270.419	3.270.419	3.270.419	3.270.419	3.270.419
EBITDA (ganancias antes de int, imp, amort)	3.737.623	3.737.623	3.737.623	3.737.623	3.737.623	3.737.623
Amortizaciones	621.005	621.005	621.005	621.005	621.005	621.005
EBIT	3.116.618	3.116.618	3.116.618	3.116.618	3.116.618	3.116.618
Intereses	-	-	-	-	-	-
EBT	3.116.618	3.116.618	3.116.618	3.116.618	3.116.618	3.116.618
Impuesto a la ganancia teórico	1.090.816	1.090.816	1.090.816	1.090.816	1.090.816	1.090.816
Loss carried forward (max 5 yr)	12.936.821	13.907.508	14.697.550	15.270.547	15.583.091	15.583.091
Impuesto a la ganancia aplicado	1.090.816	1.090.816	1.090.816	1.090.816	1.090.816	1.090.816
E (Beneficio Neto)	2.025.802	2.025.802	2.025.802	2.025.802	2.025.802	2.025.802

Tabla 44 - Cuadro de Resultados Proyectado



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10.12. Flujo de Fondos Proyectado

CASH FLOW	0	1	2	3	4
+ EBITDA	\$ -	\$ 3.737.846,96	\$ 3.737.622,96	\$ 3.737.622,96	\$ 3.737.622,96
- TAX (sin financiamiento)	\$ -	\$ -1.090.894,74	\$ -1.090.816,34	\$ -1.090.816,34	\$ -1.090.816,34
- Cuenta de IVA	\$ -	\$ -725.035,15	\$ -	\$ 725.035,15	\$ -
- Inversion Inicial	\$ -6.210.048,32	\$ -300.000,00	\$ -300.000,00	\$ -300.000,00	\$ -300.000,00
FREE CASH FLOW (Proyecto)	\$ -6.210.048,32	\$ 1.621.917,07	\$ 2.346.806,61	\$ 3.071.841,76	\$ 2.346.806,61
+ TAX SHIELD	\$ -	\$ 339.819,09	\$ 276.514,49	\$ 200.548,97	\$ 109.390,35
CAPITAL CASH FLOW (con Financiamiento)	\$ -6.210.048,32	\$ 1.961.736,16	\$ 2.623.321,11	\$ 3.272.390,73	\$ 2.456.196,96
Flujo Financiamiento	\$ 4.854.558,43	\$ -1.875.263,00	\$ -1.875.263,00	\$ -1.875.263,00	\$ -1.875.263,00
EQUITY CASHFLOW (Inversor o Accionista)	\$ -1.355.489,89	\$ 86.473,16	\$ 748.058,11	\$ 1.397.127,73	\$ 580.933,96

CASH FLOW	5	6	7	8	9	10
+ EBITDA	\$ 3.737.622,96	\$ 3.737.622,96	\$ 3.737.622,96	\$ 3.737.622,96	\$ 3.737.622,96	\$ 3.737.622,96
- TAX (sin financiamiento)	\$ -1.090.816,34	\$ -1.090.816,34	\$ -1.090.816,34	\$ -1.090.816,34	\$ -1.090.816,34	\$ -1.090.816,34
- Cuenta de IVA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
- Inversion Inicial	\$ -300.000,00	\$ -300.000,00	\$ -300.000,00	\$ -300.000,00	\$ -300.000,00	\$ -300.000,00
FREE CASH FLOW (Proyecto)	\$ 2.346.806,61					
+ TAX SHIELD	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CAPITAL CASH FLOW (con Financiamiento)	\$ 2.346.806,61					
Flujo Financiamiento	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
EQUITY CASHFLOW (Inversor o Accionista)	\$ 2.346.806,61					

Tabla 45 - Flujo de Fondos Proyectado

10.13. Rentabilidad del Proyecto

En base al flujo de fondos proyectado y la tasa de descuento adoptada, se obtuvo el Valor Actual Neto ²¹ y la Tasa Interna de Retorno ²² para el proyecto los cuales se muestran a continuación:

TIR Proyecto	34.5%
VAN Proyecto	\$ 9,441,577.34

Tabla 46 - Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno

²¹ VAN: Es el valor que resulta de la diferencia entre el valor presente de los flujos de caja futuros del proyecto y el desembolso inicial de la inversión. Los flujos son descontados previamente con la tasa de interés que representa el costo de oportunidad del capital. Es una medida de rentabilidad de un proyecto de inversión a través de toda su vida útil, en términos monetarios.

²² TIR: Es la tasa de actualización que arroja como resultado que la función VAN sea igual a cero. Es una medida de rentabilidad en términos porcentuales. La TIR debe ser mayor a la tasa de descuento para que el proyecto sea aceptado.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

10.14. Análisis de Riesgo

Para el análisis de riesgo del proyecto se procedió a evaluar a través del método de Montecarlo con simulación de posibles escenarios, las variables de entrada más significativas que pudieran afectar la rentabilidad del mismo; asignando una distribución de probabilidad a cada una. Estas son:

- Factor de Carga (%)
- CAPEX Global (USD/MW)
- OPEX Full Service O&M (USD/MW)
- Tarifa de Venta (USD/MWh)

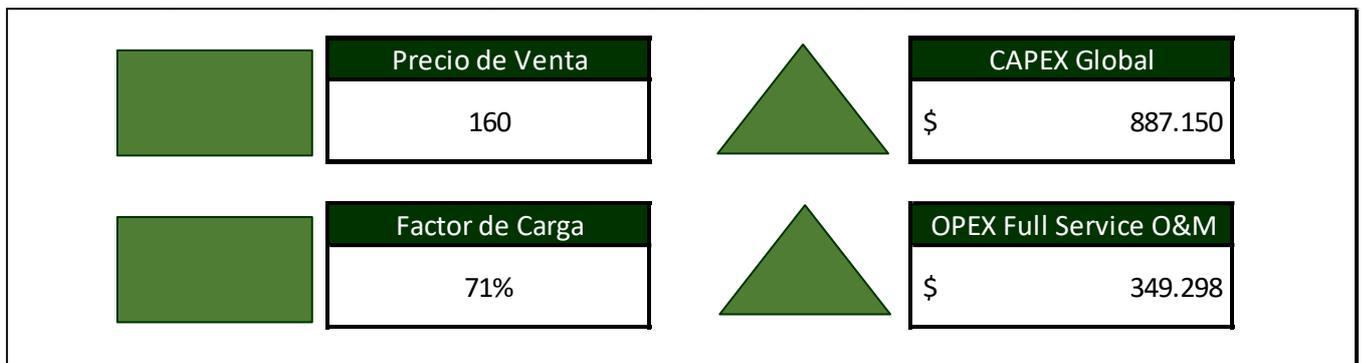


Gráfico 28 - Distribuciones de Probabilidad Variables de Entrada

Se busco realizar el análisis principalmente en base al factor de carga y al precio de venta de la energía, siendo estos los que generan la mayor sensibilidad en el pronóstico.

Esto es lógico debido que una modificación en alguna de ellas impacta directamente en el retorno del proyecto, al igual que los costos.

Se llevaron a cabo 100.000 iteraciones para obtener las distribuciones de probabilidad de las variables de salida, es decir, del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno, obteniendo como resultados:

- El VAN del proyecto, arroja un valor de certeza de 95,33% siendo el riesgo de que este sea menor a cero (0) de 4,67%.
- La TIR del proyecto arroja un valor de certeza de 99,48%.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

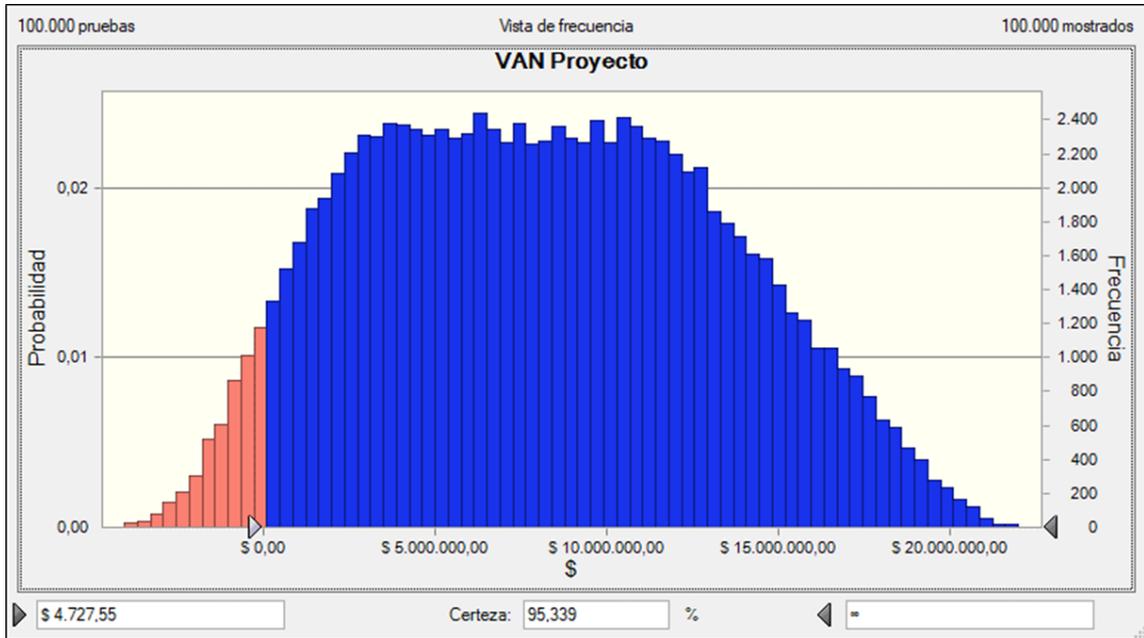


Gráfico 29 - Distribución VAN Simulación Montecarlo

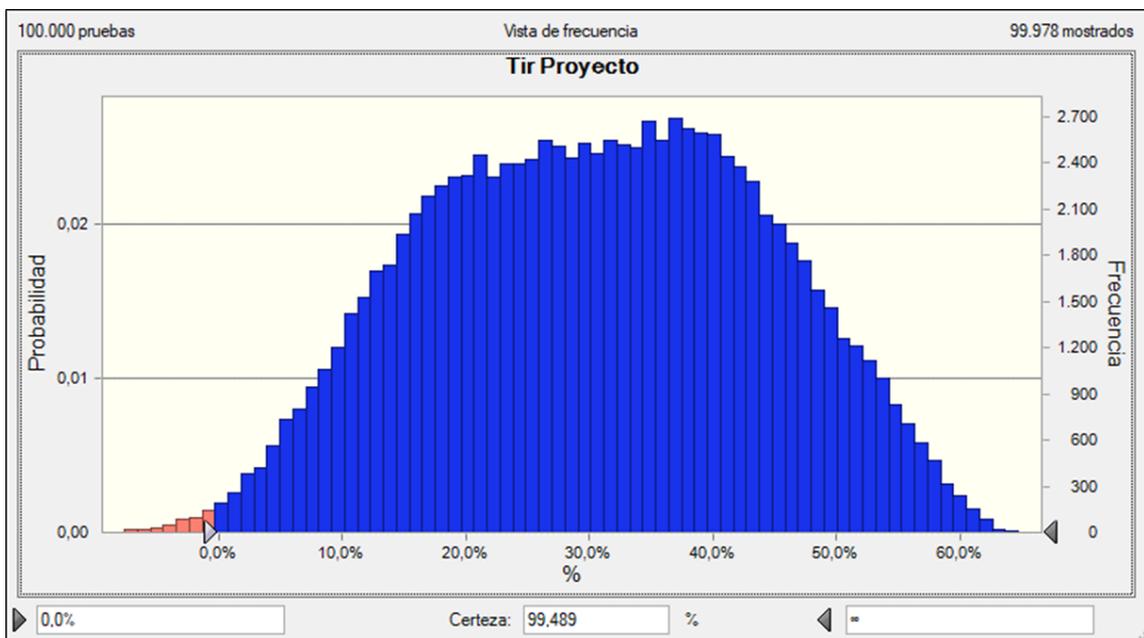


Gráfico 30 - Distribución TIR Simulación Montecarlo

Se considera el escenario actual como el más optimista, ya que siendo este un proyecto de proceso continuo con variables fijas en el tiempo, se obtienen buenos resultados, siendo este redituable.



CAPITULO 5

CONCLUSIONES



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

11. Conclusiones

El aprovechamiento de biogás de residuos sólidos urbanos para generar energía eléctrica, a partir de la instalación de una planta en la provincia de Córdoba, se presenta como un proyecto viable en la búsqueda de una solución a una correcta gestión de residuos en la zona.

Principalmente, el hecho de que en la actualidad se busca optar por tecnologías limpias, fomentando el cuidado del medio ambiente, permite una clara ventaja en la consideración de proyectos de esta índole.

Este informe describe los graves problemas que trae aparejado el mal manejo de los residuos y a su vez las grandes ventajas que presentan proyectos de recuperación y valorización de estos mismos.

Con lo anterior mencionado, y dados los ingresos detallados en el análisis económico-financiero a partir de la venta de la energía eléctrica, se puede determinar la factibilidad del proyecto.

Con los resultados obtenidos, se concluye que el proyecto es rentable debido a que el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno coinciden en sus resultados, ambos criterios de aceptación establecen la aprobación del proyecto. La TIR se encuentra por encima del rango propio de proyectos renovables, que varían entre 10% a 14%, siendo esta de 34,5%. Por su parte, el cálculo del VAN arroja un resultado de \$ 9.441.577,34 USD, lo cual al ser mayor a cero indica que se crea valor con la implementación del mismo.

Por todo lo anteriormente mencionado, se concluye que el presente proyecto puede llevarse adelante habiéndose expuesto su viabilidad técnica, económica-financiera y por sobre todo ambiental y social.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

12. Anexos

12.1. Caracterización de los RSU de Córdoba

Componente	Porcentaje (%)
Papel	11,89
Plásticos	13,61
Res. de Comida	36,24
Madera	7,38
Otros Orgánicos	15,87
Metales	1,34
Vidrio	2,16
Otros Inorgánicos	9,16
Res. Especiales	2,35

Tabla 47 - Caracterización de los RSU de Córdoba

12.2. Modelización

Para poder realizar la modelización, la empresa considero las siguientes entradas:

- Módulos de disposición final de 4 hectáreas aproximadamente.
- Inicio de disposición de RSU: septiembre 2013 a razón de 2000tn/día.²³
- Desde diciembre 2019 se suponen 2000tn/día con un 2% de incremento anual.
- Se considera inicio de captación en enero 2021.
- Se supone cierre del relleno en diciembre 2024.
- Eficiencia de extracción promedio: 75%.

Tipo de cobertura	Tipo de sistema de activo de extracción	Eficiencia de extracción promedio [%]
-	Sin sistema de extracción activo	0
Cobertura diaria	Pozos verticales	67
Cobertura diaria	Trincheras horizontales	75
Cobertura intermedia	Pozos verticales	75
Cobertura intermedia	Trincheras horizontales y pozos verticales	87
Cobertura final	Pozos verticales	87
Cobertura final y geo membrana	Trincheras horizontales o pozos verticales	90

Tabla 48 – Eficiencia de Extracción Promedio

²³ Toneladas reales ingresadas informadas por CORMECOR hasta Nov 2019.



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

PIEDRAS BLANCAS - FACTORES DE ENTRADA		
Tasa de Generación de CH4 de RSU, k	0,04	año ⁻¹
Potencial de Generación de CH4 de RSU, Lo	200	m ³ /tn
Tiempo de retraso antes del inicio de la producción de gas, retraso	5	meses
Año de apaertura del relleno	0	
Año de clausura del relleno	2021	
Número de años de producción después del cierre	100	
Metano (volumen)	50%	
Dióxido de Carbono (volumen)	50%	
Metano (densidad)	0,7168	kg/m ³
Dióxido de Carbono (densidad)	1,80	kg/m ³
Porcentaje de Material Inerte	0%	
Valor energético	500	btu/ft ³

Tabla 49 - Factores de Entrada para la Modelización

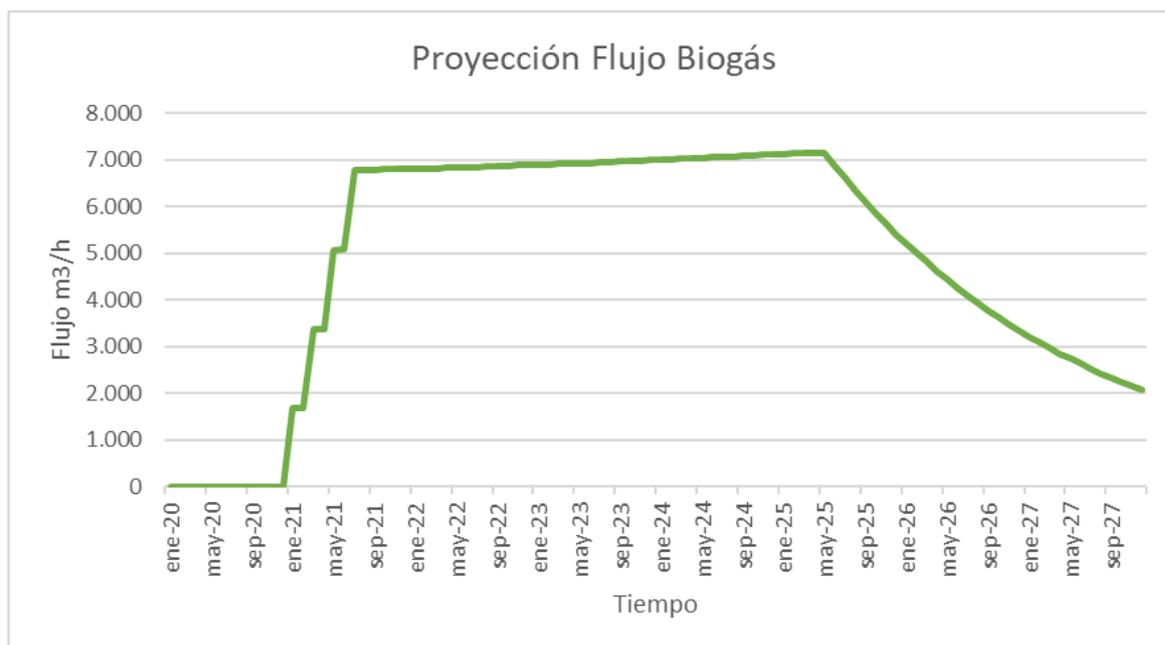


Gráfico 31 - Proyección de Flujo de Biogás



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



AÑO		Toneladas Anuales	Producción Anual de Gas [m3/mo]	Producción Anual de Gas [cfm]	Producción Anual de CH4 [kg/mo]	Producción Anual de CO2 [kg/mo]	Valor Energético Anual [GJ/día]	Emisiones Anuales de CH4 [tn CH4/mo]	Metano como eCO2 Anual [tn/mo]	Gas Anual Recolectado [m3/h]	Eficiencia de Recolección
Cima	2025	8.395.702	12.887.366	10.534	4.618.832	11.590.897	4.001	4.619	96.995	7.160	
sep-13	0	55.699	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
oct-13	1	54.850	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
nov-13	2	56.608	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
dic-13	3	69.475	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
ene-14	4	55.635	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
feb-14	5	53.185	445.592	364	159.700	400.765	138	160	3.354	0	0%
mar-14	6	54.292	866.920	709	310.704	779.708	269	311	6.525	0	0%
abr-14	7	59.906	1.285.792	1.051	460.828	1.156.441	399	461	9.677	0	0%
may-14	8	59.057	1.791.175	1.464	641.957	1.610.983	556	642	13.481	0	0%
jun-14	9	61.616	2.166.022	1.770	776.302	1.948.120	672	776	16.302	0	0%
jul-14	10	49.354	2.506.575	2.049	898.356	2.254.413	778	898	18.865	0	0%
ago-14	11	49.298	2.842.630	2.323	1.018.799	2.556.661	882	1.019	21.395	0	0%
sep-14	12	59.618	3.210.414	2.624	1.150.612	2.887.447	997	1.151	24.163	0	0%
oct-14	13	64.385	3.556.990	2.907	1.274.825	3.199.157	1.104	1.275	26.771	0	0%
nov-14	14	53.943	3.910.447	3.196	1.401.504	3.517.056	1.214	1.402	29.432	0	0%
dic-14	15	63.373	4.151.948	3.394	1.488.058	3.734.262	1.289	1.488	31.249	0	0%
ene-15	16	67.995	4.383.532	3.583	1.571.058	3.942.548	1.361	1.571	32.992	0	0%
feb-15	17	56.670	4.688.592	3.832	1.680.391	4.216.920	1.456	1.680	35.288	0	0%
mar-15	18	63.178	5.019.834	4.103	1.799.109	4.514.839	1.558	1.799	37.781	0	0%
abr-15	19	70.312	5.254.547	4.295	1.883.229	4.725.939	1.631	1.883	39.548	0	0%
may-15	20	64.562	5.555.497	4.541	1.991.090	4.996.614	1.725	1.991	41.813	0	0%
jun-15	21	62.639	5.881.621	4.807	2.107.973	5.289.929	1.826	2.108	44.267	0	0%
jul-15	22	74.694	6.104.360	4.989	2.187.802	5.490.261	1.895	2.188	45.944	0	0%
ago-15	23	65.211	6.370.431	5.207	2.283.162	5.729.565	1.978	2.283	47.946	0	0%
sep-15	24	71.635	6.683.141	5.463	2.395.238	6.010.817	2.075	2.395	50.300	0	0%
oct-15	25	58.890	6.937.584	5.671	2.486.430	6.239.663	2.154	2.486	52.215	0	0%
nov-15	26	59.117	7.166.670	5.858	2.568.534	6.445.703	2.225	2.569	53.939	0	0%
dic-15	27	21.509	7.483.214	6.116	2.681.984	6.730.402	2.323	2.682	56.322	0	0%

Tabla 50 - Modelización Parte I

ene-16	28	62.758	7.711.483	6.303	2.763.796	6.935.708	2.394	2.764	58.040	0	0%
feb-16	29	57.985	7.982.196	6.524	2.860.819	7.179.187	2.478	2.861	60.077	0	0%
mar-16	30	60.964	8.140.330	6.654	2.917.494	7.321.413	2.527	2.917	61.267	0	0%
abr-16	31	58.239	8.294.079	6.779	2.972.598	7.459.695	2.575	2.973	62.425	0	0%
may-16	32	19.956	8.140.932	6.654	2.917.710	7.321.954	2.527	2.918	61.272	0	0%
jun-16	33	49.417	8.323.788	6.804	2.983.245	7.486.414	2.584	2.983	62.648	0	0%
jul-16	34	53.034	8.461.286	6.916	3.032.525	7.610.081	2.627	3.033	63.683	0	0%
ago-16	35	64.377	8.617.228	7.043	3.088.415	7.750.335	2.675	3.088	64.857	0	0%
sep-16	36	67.822	8.745.250	7.148	3.134.298	7.865.478	2.715	3.134	65.820	0	0%
oct-16	37	68.709	8.561.993	6.998	3.068.618	7.700.657	2.658	3.069	64.441	0	0%
nov-16	38	76.566	8.621.609	7.047	3.089.985	7.754.275	2.677	3.090	64.890	0	0%
dic-16	39	76.823	8.707.818	7.117	3.120.882	7.831.812	2.703	3.121	65.539	0	0%
ene-17	40	72.707	8.881.395	7.259	3.183.092	7.987.927	2.757	3.183	66.845	0	0%
feb-17	41	57.510	9.075.728	7.418	3.252.741	8.162.710	2.818	3.253	68.308	0	0%
mar-17	42	65.956	9.269.534	7.577	3.322.201	8.337.019	2.878	3.322	69.766	0	0%
abr-17	43	53.754	9.518.598	7.780	3.411.466	8.561.027	2.955	3.411	71.641	0	0%
may-17	44	62.178	9.759.953	7.977	3.497.967	8.778.102	3.030	3.498	73.457	0	0%
jun-17	45	45.172	9.958.916	8.140	3.569.275	8.957.049	3.092	3.569	74.955	0	0%
jul-17	46	60.000	10.028.502	8.197	3.594.215	9.019.635	3.113	3.594	75.479	0	0%
ago-17	47	50.889	10.162.927	8.307	3.642.393	9.140.537	3.155	3.642	76.490	0	0%
sep-17	48	35.108	10.194.464	8.333	3.653.696	9.168.901	3.165	3.654	76.728	0	0%
oct-17	49	74.694	10.292.159	8.412	3.688.710	9.256.768	3.195	3.689	77.463	0	0%
nov-17	50	65.211	10.249.977	8.378	3.673.592	9.218.829	3.182	3.674	77.145	0	0%
dic-17	51	71.635	10.328.070	8.442	3.701.580	9.289.066	3.206	3.702	77.733	0	0%
ene-18	52	58.890	10.330.213	8.444	3.702.348	9.290.994	3.207	3.702	77.749	0	0%
feb-18	53	59.117	10.206.023	8.342	3.657.839	9.179.297	3.168	3.658	76.815	0	0%
mar-18	54	21.509	10.403.392	8.503	3.728.576	9.356.811	3.230	3.729	78.300	0	0%
abr-18	55	100.871	10.517.159	8.596	3.769.350	9.459.133	3.265	3.769	79.156	0	0%
may-18	56	118.806	10.677.860	8.728	3.826.945	9.603.667	3.315	3.827	80.366	0	0%
jun-18	57	95.719	10.730.296	8.771	3.845.738	9.650.828	3.331	3.846	80.760	0	0%
jul-18	58	56.530	10.782.491	8.813	3.864.445	9.697.772	3.347	3.864	81.153	0	0%
ago-18	59	58.694	10.531.773	8.608	3.774.587	9.472.277	3.270	3.775	79.266	0	0%
sep-18	60	61.903	10.925.785	8.930	3.915.501	9.826.651	3.392	3.916	82.232	0	0%
oct-18	61	60.380	11.447.823	9.357	4.102.900	10.296.172	3.554	4.103	86.161	0	0%
nov-18	62	63.422	11.764.699	9.616	4.216.468	10.581.170	3.652	4.216	88.546	0	0%
dic-18	63	68.595	11.755.636	9.609	4.213.220	10.573.019	3.650	4.213	88.478	0	0%

Tabla 51 - Modelización Parte II



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



ene-19	64	62.624	11.764.239	9.616	4.216.303	10.580.757	3.652	4.216	88.542	0	0%
feb-19	65	71.512	11.798.183	9.643	4.228.469	10.611.286	3.663	4.228	88.798	0	0%
mar-19	66	58.761	11.818.610	9.660	4.235.790	10.629.658	3.669	4.236	88.952	0	0%
abr-19	67	63.207	11.862.572	9.696	4.251.546	10.669.197	3.683	4.252	89.282	0	0%
may-19	68	59.471	11.946.192	9.764	4.281.515	10.744.405	3.709	4.282	89.912	0	0%
jun-19	69	59.586	11.978.766	9.791	4.293.190	10.773.702	3.719	4.293	90.157	0	0%
jul-19	70	64.006	12.081.169	9.875	4.329.891	10.865.803	3.751	4.330	90.928	0	0%
ago-19	71	65.617	12.077.545	9.872	4.328.592	10.862.544	3.749	4.329	90.900	0	0%
sep-19	72	66.751	12.109.632	9.898	4.340.092	10.891.403	3.759	4.340	91.142	0	0%
oct-19	73	66.110	12.110.577	9.899	4.340.431	10.892.253	3.760	4.340	91.149	0	0%
nov-19	74	38.558	12.112.405	9.900	4.341.086	10.893.897	3.760	4.341	91.163	0	0%
dic-19	75	60.000	12.149.520	9.931	4.354.388	10.927.278	3.772	4.354	91.442	0	0%
ene-20	76	60.000	12.198.063	9.970	4.371.786	10.970.938	3.787	4.372	91.808	0	0%
feb-20	77	60.000	12.253.776	10.016	4.391.753	11.021.046	3.804	4.392	92.227	0	0%
mar-20	78	60.000	12.302.175	10.055	4.409.100	11.064.576	3.819	4.409	92.591	0	0%
abr-20	79	60.000	12.128.264	9.913	4.346.770	10.908.161	3.765	4.347	91.282	0	0%
may-20	80	60.000	12.132.707	9.917	4.348.362	10.912.157	3.767	4.348	91.316	0	0%
jun-20	81	60.000	12.136.977	9.920	4.349.893	10.915.997	3.768	4.350	91.348	0	0%
jul-20	82	60.000	12.141.081	9.924	4.351.363	10.919.688	3.769	4.351	91.379	0	0%
ago-20	83	60.000	12.145.021	9.927	4.352.776	10.923.232	3.770	4.353	91.408	0	0%
sep-20	84	60.000	12.148.808	9.930	4.354.133	10.926.638	3.772	4.354	91.437	0	0%
oct-20	85	60.000	12.152.448	9.933	4.355.437	10.929.912	3.773	4.355	91.464	0	0%
nov-20	86	60.000	12.155.943	9.936	4.356.690	10.933.055	3.774	4.357	91.490	0	0%
dic-20	87	60.000	12.159.301	9.939	4.357.893	10.936.075	3.775	4.358	91.516	0	0%
ene-21	88	61.200	12.162.528	9.941	4.359.050	10.938.978	3.776	4.359	91.540	1.689	10%
feb-21	89	61.200	12.165.630	9.944	4.360.162	10.941.768	3.777	4.360	91.563	1.690	10%
mar-21	90	61.200	12.168.609	9.946	4.361.229	10.944.447	3.778	4.361	91.586	3.380	20%
abr-21	91	61.200	12.171.471	9.948	4.362.255	10.947.021	3.779	4.362	91.607	3.381	20%
may-21	92	61.200	12.174.220	9.951	4.363.240	10.949.493	3.779	4.363	91.628	5.073	30%
jun-21	93	61.200	12.186.462	9.961	4.367.628	10.960.504	3.783	4.368	91.720	5.078	30%
jul-21	94	61.200	12.198.224	9.970	4.371.843	10.971.083	3.787	4.372	91.809	6.777	40%
ago-21	95	61.200	12.209.524	9.980	4.375.893	10.981.246	3.790	4.376	91.894	6.783	40%
sep-21	96	61.200	12.220.382	9.988	4.379.785	10.991.012	3.794	4.380	91.975	6.789	40%
oct-21	97	61.200	12.230.814	9.997	4.383.524	11.000.394	3.797	4.384	92.054	6.795	40%
nov-21	98	61.200	12.240.838	10.005	4.387.116	11.009.410	3.800	4.387	92.129	6.800	40%
dic-21	99	61.200	12.250.468	10.013	4.390.568	11.018.071	3.803	4.391	92.202	6.806	40%

Tabla 52 - Modelización Parte III

ene-22	100	62.424	12.259.720	10.021	4.393.884	11.026.392	3.806	4.394	92.272	6.811	40%
feb-22	101	62.424	12.268.610	10.028	4.397.070	11.034.388	3.809	4.397	92.338	6.816	40%
mar-22	102	62.424	12.277.152	10.035	4.400.131	11.042.071	3.811	4.400	92.403	6.821	40%
abr-22	103	62.424	12.285.356	10.042	4.403.072	11.049.449	3.814	4.403	92.465	6.825	40%
may-22	104	62.424	12.293.242	10.048	4.405.898	11.056.542	3.816	4.406	92.524	6.830	40%
jun-22	105	62.424	12.310.610	10.062	4.412.123	11.072.163	3.822	4.412	92.655	6.839	40%
jul-22	106	62.424	12.327.295	10.076	4.418.103	11.087.169	3.827	4.418	92.780	6.848	40%
ago-22	107	62.424	12.343.326	10.089	4.423.848	11.101.587	3.832	4.424	92.901	6.857	40%
sep-22	108	62.424	12.358.730	10.102	4.429.369	11.115.442	3.837	4.429	93.017	6.866	40%
oct-22	109	62.424	12.373.529	10.114	4.434.673	11.128.752	3.841	4.435	93.128	6.874	40%
nov-22	110	62.424	12.387.748	10.125	4.439.769	11.141.541	3.846	4.440	93.235	6.882	40%
dic-22	111	62.424	12.401.411	10.136	4.444.666	11.153.829	3.850	4.445	93.338	6.890	40%
ene-23	112	63.672	12.414.534	10.147	4.449.369	11.165.632	3.854	4.449	93.437	6.897	40%
feb-23	113	63.672	12.427.146	10.157	4.453.889	11.176.975	3.858	4.454	93.532	6.904	40%
mar-23	114	63.672	12.439.262	10.167	4.458.232	11.187.872	3.862	4.458	93.623	6.911	40%
abr-23	115	63.672	12.450.905	10.177	4.462.404	11.198.344	3.865	4.462	93.710	6.917	40%
may-23	116	63.672	12.462.089	10.186	4.466.413	11.208.403	3.869	4.466	93.795	6.923	40%
jun-23	117	63.672	12.482.824	10.203	4.473.844	11.227.052	3.875	4.474	93.951	6.935	40%
jul-23	118	63.672	12.502.742	10.219	4.480.983	11.244.966	3.881	4.481	94.101	6.946	40%
ago-23	119	63.672	12.521.878	10.235	4.487.841	11.262.177	3.887	4.488	94.245	6.957	40%
sep-23	120	63.672	12.540.263	10.250	4.494.430	11.278.713	3.893	4.494	94.383	6.967	40%
oct-23	121	63.672	12.557.928	10.264	4.500.761	11.294.600	3.899	4.501	94.516	6.977	40%
nov-23	122	63.672	12.574.901	10.278	4.506.845	11.309.866	3.904	4.507	94.644	6.986	40%
dic-23	123	63.672	12.591.207	10.292	4.512.689	11.324.532	3.909	4.513	94.766	6.995	40%
ene-24	124	64.945	12.606.875	10.304	4.518.304	11.338.623	3.914	4.518	94.884	7.004	40%
feb-24	125	64.945	12.621.929	10.317	4.523.699	11.352.163	3.918	4.524	94.998	7.012	40%
mar-24	126	64.945	12.636.392	10.328	4.528.883	11.365.171	3.923	4.529	95.107	7.020	40%
abr-24	127	64.945	12.650.289	10.340	4.533.864	11.377.670	3.927	4.534	95.211	7.028	40%
may-24	128	64.945	12.663.639	10.351	4.538.648	11.389.677	3.931	4.539	95.312	7.035	40%
jun-24	129	64.945	12.686.655	10.370	4.546.897	11.410.378	3.939	4.547	95.485	7.048	40%
jul-24	130	64.945	12.708.763	10.388	4.554.821	11.430.261	3.945	4.555	95.651	7.060	40%
ago-24	131	64.945	12.730.007	10.405	4.562.435	11.449.368	3.952	4.562	95.811	7.072	40%
sep-24	132	64.945	12.750.416	10.422	4.569.749	11.467.724	3.958	4.570	95.965	7.084	40%
oct-24	133	64.945	12.770.024	10.438	4.576.777	11.485.360	3.964	4.577	96.112	7.094	40%
nov-24	134	64.945	12.788.864	10.453	4.583.529	11.502.304	3.970	4.584	96.254	7.105	40%

Tabla 53 - Modelización Parte IV



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



dic-24	135	64.945	12.806.966	10.468	4.590.017	11.518.585	3.976	4.590	96.390	7.115	40%
ene-25	136	0	12.824.358	10.482	4.596.250	11.534.228	3.981	4.596	96.521	7.125	40%
feb-25	137	0	12.841.067	10.496	4.602.238	11.549.256	3.987	4.602	96.647	7.134	40%
mar-25	138	0	12.857.121	10.509	4.607.992	11.563.695	3.991	4.608	96.768	7.143	40%
abr-25	139	0	12.872.546	10.522	4.613.520	11.577.568	3.996	4.614	96.884	7.151	40%
may-25	140	0	12.887.366	10.534	4.618.832	11.590.897	4.001	4.619	96.995	7.160	40%
jun-25	141	0	12.382.046	10.121	4.437.725	11.136.412	3.844	4.438	93.192	6.879	40%
jul-25	142	0	11.896.538	9.724	4.263.719	10.699.746	3.693	4.264	89.538	6.609	40%
ago-25	143	0	11.430.069	9.342	4.096.537	10.280.204	3.548	4.097	86.027	6.350	40%
sep-25	144	0	10.981.890	8.976	3.935.909	9.877.112	3.409	3.936	82.654	6.101	40%
oct-25	145	0	10.551.284	8.624	3.781.580	9.489.825	3.276	3.782	79.413	5.862	40%
nov-25	146	0	10.137.561	8.286	3.633.302	9.117.722	3.147	3.633	76.299	5.632	40%
dic-25	147	0	9.740.062	7.961	3.490.838	8.760.212	3.024	3.491	73.308	5.411	40%
ene-26	148	0	9.358.149	7.649	3.353.961	8.416.719	2.905	3.354	70.433	5.199	40%
feb-26	149	0	8.991.211	7.349	3.222.450	8.086.695	2.791	3.222	67.671	4.995	40%
mar-26	150	0	8.638.660	7.061	3.096.096	7.769.611	2.682	3.096	65.018	4.799	40%
abr-26	151	0	8.299.934	6.784	2.974.696	7.464.960	2.577	2.975	62.469	4.611	40%
may-26	152	0	7.974.489	6.518	2.858.057	7.172.255	2.476	2.858	60.019	4.430	40%
jun-26	153	0	7.661.804	6.262	2.745.991	6.891.027	2.379	2.746	57.666	4.257	40%
jul-26	154	0	7.361.381	6.017	2.638.319	6.620.826	2.285	2.638	55.405	4.090	40%
ago-26	155	0	7.072.737	5.781	2.534.869	6.361.220	2.196	2.535	53.232	3.929	40%
sep-26	156	0	6.795.411	5.554	2.435.475	6.111.793	2.110	2.435	51.145	3.775	40%
oct-26	157	0	6.528.960	5.337	2.339.979	5.872.146	2.027	2.340	49.140	3.627	40%
nov-26	158	0	6.272.956	5.127	2.248.227	5.641.896	1.947	2.248	47.213	3.485	40%
dic-26	159	0	6.026.990	4.926	2.160.073	5.420.674	1.871	2.160	45.362	3.348	40%
ene-27	160	0	5.790.668	4.733	2.075.375	5.208.126	1.798	2.075	43.583	3.217	40%
feb-27	161	0	5.563.612	4.547	1.993.999	5.003.913	1.727	1.994	41.874	3.091	40%
mar-27	162	0	5.345.460	4.369	1.915.813	4.807.706	1.659	1.916	40.232	2.970	40%
abr-27	163	0	5.135.861	4.198	1.840.693	4.619.193	1.594	1.841	38.655	2.853	40%
may-27	164	0	4.934.482	4.033	1.768.518	4.438.073	1.532	1.769	37.139	2.741	40%
jun-27	165	0	4.740.998	3.875	1.699.174	4.264.053	1.472	1.699	35.683	2.634	40%
jul-27	166	0	4.555.101	3.723	1.632.548	4.096.858	1.414	1.633	34.284	2.531	40%
ago-27	167	0	4.376.493	3.577	1.568.535	3.936.218	1.359	1.569	32.939	2.431	40%
sep-27	168	0	4.204.888	3.437	1.507.032	3.781.876	1.305	1.507	31.648	2.336	40%
oct-27	169	0	4.040.012	3.302	1.447.940	3.633.587	1.254	1.448	30.407	2.244	40%
nov-27	170	0	3.881.601	3.173	1.391.166	3.491.112	1.205	1.391	29.214	2.156	40%
dic-27	171	0	3.729.401	3.048	1.336.617	3.354.223	1.158	1.337	28.069	2.072	40%

Tabla 54 - Modelización Parte V



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica

Proyecto Final

12.3. Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales

Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Situación Operacional (S)	Tiene requisito legal asociado?	Cumple requisito legal?	Forma de control
			Normal/Anormal/Emergencia			
TAREAS EN OBRADOR	Alteración del paisaje	Afectación a la comunidad	Normal	SI	SI	Control por parte del Estudio de Impacto Ambiental del sitio.
	Generación de empleo	Trabajo para la comunidad	Normal	SI	SI	Sin control
	Generación de ruido y vibraciones	Afectación a las personas/comunidades	Normal	SI	SI	Evaluación de Niveles de ruido - Aplicación Norma IRAM 4062
	Efluentes cloacales	Contaminación de suelo/agua	Normal	SI	SI	Sin control. Desagote de pozos sépticos transporte habilitado.
	Derrames hidrocarburos	Contaminación del suelo/agua	Emergencia	SI	SI	Uso de bateas de contención para almacenamiento de fluidos.
	Incendio / Explosión	Contaminación del aire y agua / Daño a flora y fauna en zona aledaña	Emergencia	SI	SI	Activar Programa de Atención de Emergencias
	Emissiones gaseosas	Contaminación del aire	Normal	SI	SI	Control de estado de máquinas y de vehículos). Cumplimiento VTV
	Generación de Residuos Industriales no Peligrosos	Contaminación del suelo	Normal	SI	SI	Procedimiento Gestión de residuos. Capacitación Gestión de residuos
	Generación de residuos asimilables a domiciliarios	Contaminación del suelo	Normal	SI	SI	Procedimiento Gestión de residuos. Capacitación Gestión de residuos
ALMACENAMIENTO DE LUBRICANTES	Derrames de insumos	Contaminación del suelo	Emergencia	SI	SI	Contar con hoja de seguridad de productos utilizados. Procedimiento Utilización Combustibles, Aceites y Refrigerantes.
		Contaminación del agua subterránea	Emergencia	SI	SI	Contar con hoja de seguridad de productos utilizados. Procedimiento Utilización Combustibles, Aceites y Refrigerantes.
	Incendio / Explosión	Contaminación del aire	Emergencia	SI	SI	Contar con cantidad de extintores portátiles suficientes de acuerdo al riesgo. Activar Programa de Atención de Emergencias
		Afectación de flora y fauna	Emergencia	SI	SI	Contar con cantidad de extintores portátiles suficientes de acuerdo al riesgo. Activar Programa de Atención de Emergencias
MANTENIMIENTO EQUIPOS	Generación de Residuos	Contaminación de suelo	Anormal	SI	SI	Uso de bateas de contención para almacenamiento de fluidos. Procedimiento Gestión de residuos. Capacitación Gestión de residuos. Plan Mantenimiento Preventivo de unidades.
	Generación de efluentes	Contaminación de agua	Anormal	SI	SI	Uso de bateas de contención para almacenamiento de fluidos. Procedimiento Gestión de residuos. Capacitación Gestión de residuos. Plan Mantenimiento Preventivo de unidades.
	Incendios y Explosiones	Contaminación de aire y agua/ Daño a flora y fauna en zona aledaña.	Emergencia	SI	SI	Plan Mantenimiento preventivo de equipos. Control de pérdidas y reparación inmediata. Control de extintores. Participación en simulacros.
	Derrame de hidrocarburos	Contaminación de suelo	Emergencia	SI	SI	Uso de bateas de contención para almacenamiento de fluidos. Contención de derrames. Plan atención de emergencias.
	Disposición de Residuos Líquidos	Contaminación de suelo	Normal	SI	SI	Gestión de Residuos.
	Generación de Residuos impregnados con hidrocarburos Y48	Contaminación de Suelo y Agua	Normal	SI	SI	Plan de mantenimiento Preventivo de unidades. Gestión de Residuos. Capacitación

Tabla 55 – Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales (A)



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Situación Operacional (S)	Tiene requisito legal asociado?	Cumple requisito legal?	Forma de control
			Normal/Anormal/Emergencia			
UTILIZACION DE MAQUINARIAS RETROEXCAVADORAS, RETROPALAS, CAMIONES, TRACTOR, VEHÍCULOS	Consumo de Combustibles	Reducción de recursos no renovables	Normal	SI	SI	Plan mantenimiento preventivo de equipos. Formación de buenas prácticas y conducción adecuada. Reducción del consumo con motor en ralentí. VTV vigente
	Emisiones Gaseosas	Contaminación del Aire	Normal	SI	SI	Plan mantenimiento preventivo de equipos. Buenas prácticas y conducción adecuada. VTV vigente
	Incendio / Explosion	Contaminación de aire y agua/ Daño a flora y fauna en zona aledaña.	Emergencia	SI	SI	Extintores reglamentarios en cada unidad. Control de extintores. Plan de emergencias.
	Derrame de combustibles y/o lubricantes por rotura de mangueras	Contaminación del suelo	Anormal	SI	SI	Plan mantenimiento Preventivo de equipos.
ORDEN Y LIMPIEZA DE LAS INSTALACIONES	Generación de Residuos Especiales o Peligrosos	Contaminación suelo/agua	Normal	SI	SI	Procedimiento Gestión de residuos. Capacitación Gestión de residuos
	Generación de RSU	Contaminación suelo/agua	Normal	SI	SI	Procedimiento Gestión de residuos. Capacitación Gestión de residuos
	Consumo de Agua	Reducción de recursos no renovables	Normal	SI	SI	Sin control
USO DE INSTALACIONES SANITARIAS	Consumo de Agua	Reducción de recursos no renovables	Normal	SI	SI	Sin control
	Generación de RSU	Contaminación de suelo	Normal	SI	SI	Sin control
	Efluentes cloacales	Contaminación de suelo	Normal	SI	SI	Sin control. Desagote de pozos sépticos transporte habilitado.
TAREAS DE PINTURA	Generación de Residuo Peligroso Y12	Contaminación de suelo	Normal	SI	SI	Procedimiento Gestión de residuos. Almacenamiento transitorio. Capacitación Gestión de residuos

Tabla 56 - Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales (B)



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

12.4. Matriz Legal Provincia de Córdoba

NOMBRE	AUTORIDAD DE APLICACIÓN	ASUNTO	RESUMEN
Ley Nº 7.343	Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos	Protección Ambiental	Principios rectores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del medioambiente
Ley Nº 10.208	Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos	Protección Ambiental	Ley de política ambiental de la provincia de Córdoba
Decreto Nº 288/2015	Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos	Seguro Ambiental	Aprueba la reglamentación del artículo 8, inciso k) de la Ley 10.208 de Política Ambiental Provincial, referido al Seguro Ambiental, y deroga el Decreto 1.130/2012
Decreto Nº 247/2015	Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos	Protección Ambiental	Reglamentación de los artículos Nº 42, 43 y 44 del Capítulo VII: "planes de Gestión Ambiental" y artículos Nº 49 y 50 del Capítulo IX: "Control y Fiscalización de Actividades Antrópicas" de la Ley de Política Ambiental Provincial Nº 10.208
Decreto Nº 248/2015	Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos	Protección Ambiental	Reglamentación del artículo Nº 45 de la Ley de Política Ambiental Provincial Nº 10.208. Sistemas de Gestión Ambiental
Ley Nº 8.973/03	Agencia Córdoba Deportes, Ambiente, Cultura y Turismo S.E.M	Residuos Peligrosos	Adhesión provincial a la ley Nº 24.051. Derecho Ambiental, Derecho Civil, desechos peligrosos, Registro de generadores, y Operadores de Residuos peligrosos
Decreto Nº 2.149/03	Agencia Córdoba Deportes, Ambiente, Cultura y Turismo S.E.M	Residuos Peligrosos	Reglamentación de la Ley Nº 8.973 de adhesión de la Ley Nº 24.051
Decreto Nº 2.149/03	Agencia Córdoba Deportes, Ambiente, Cultura y Turismo S.E.M	Residuos Patológicos	Se consideran residuos patológicos los establecidos en el artículo 19 de la ley 24051
Ley Nº 5.589/73	Administración Provincial de Recursos Hídricos	Agua	Código Provincial de Agua. Disposiciones generales - Principios de política hídrica - Aguas interprovinciales - Regimen de aguas privadas - Registro y catastro de Aguas - Sistemas de uso de aprovechamiento
Decreto Nº 415/99	Administración Provincial de Recursos Hídricos	Agua	Aprueba la norma para la protección de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la provincia
Decreto Nº 529/94	Administración Provincial de Recursos Hídricos	Agua	Aprobación del Marco Regulador para la prestación de servicios públicos de agua potable y desagües cloacales de la Provincia de Córdoba
Resolución Nº 375/06	Ministerios de obreas y Servicios Públicos - Dirección Provincial de Agua y Saneamiento	Agua	Instalar dispositivos de medición de caudal
Decreto Nº 2.131/2000	Secretaría de Ambiente	Impacto Ambiental	Definición de Evaluación de Impacto Ambiental, Estudio de Impacto Ambiental, Auditoría Ambiental, Licencia Ambiental. Proyectos sujetos obligatoriamente a EsIA (Anexo I). Proyectos sujetos condicionalmente a EsIA (Anexo II). Guía para la confección del resumen de la Obra y/o Acción Propuesta (Aviso de proyecto) (Anexo III)
Ley Nº 8.936/2001	Secretaría de Ambiente	Suelo	Conservación de Suelos
Decreto Nº 115/04	Secretaría de Ambiente	Suelo	Reglamentación parcial de la Ley Nº 8.936 conservación y protección de suelos
Ley Nº 10.456	Ministerios de Trabajo de la Provincia de Córdoba/Superintendencia de Riesgos del Trabajo	Riesgos del Trabajo	Adhierase la Provincia de Córdoba a las disposiciones contenidas en el Título I de la Ley Nacional Nº 27.348 complementaria de la Ley Nacional Nº 24.557 sobre Riesgos del Trabajo
Resolución Nº 105/2017	Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos	Efluentes Gaseosos	El objetivo de la resolución es fijar estándares ambientales de emisión o efluentes y tecnológicos, para facilitar la gestión de las Emisiones al Aire provenientes de las actividades productivas. El plan de Gestión Ambiental para las actividades productivas que deben cumplimentar estándares en aire seguirá el Decreto Nº 247/15, con las particularidades de la presente resolución.

Tabla 57 – Matriz Legal Provincia de Córdoba



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

13. Bibliografía

Gestión de RSU en Argentina

- <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/observatorioresiduos/solidosurbanos/gestion>

Programa Córdoba Limpia

- <https://www.cba.gov.ar/programa-cordoba-limpia/>

Obras de generación de energía eléctrica

- <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/infraestructura-energetica/obras-de-generacion-de-energia-electrica>

Secretaria de Energía Presidencia de la Nación

- <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3876>

Empresa Provincial de Energía de Córdoba

- <https://www.epec.com.ar/institucional/generacion-transporte-y-distribucion>

Nucleoeléctrica Argentina S.A

- <http://www.na-sa.com.ar/empresa/>

Producción de energía en Córdoba

- <https://lasvidasdelaciencia.wordpress.com/ciencia-tecnologia-y-sociedad/produccion-de-energia-en-cordoba/>

Córdoba busca mejorar disposición final de RU – Nota de La Nueva Mañana

- <https://lmdiario.com.ar/contenido/176224/cordoba-busca-mejorar-la-disposicion-final-de-residuos-urbanos>

Aproximaciones del Marco Legal

- http://www.fundeps.org/wp-content/uploads/2017/06/aproximaciones_al_marco_legal_rsu_-_fundeps.pdf

Precios Adjudicados Programa RenovAr

- <https://www.minem.gob.ar/www/833/25871/precios-adjudicados-del-programa-renovar>

Programa RenovAr – MiniRen Ronda III

- <https://licitaciones.cammesa.com/wp-content/uploads/2018/11/MiniRen-Pliego-de-Bases-y-Condiciones-PBC.pdf>



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Energía Eléctrica – Renovables – RenovAr

- <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/energia-electrica/renovables/renovar>

Planeamiento Energético – Ministerio de Desarrollo Productivo

- <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/planeamiento-energetico>

Siloxanos en el Biogás

- <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-siloxanos-biogas/>

Equipo BGA KC

- <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2015/02/Untitled.png>
- <https://www.parker.com/Literature/Hiross%20Zander%20Division/PDF%20Files/Bulletins/BGAKC-MK4-Datasheet.pdf>
- <https://ph.parker.com/us/es/biogas-ak-siloxane-removal-system>

Recepción

- <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2362/ANEXO%204%20PROCEDIMIENTO%20DE%20RECEPCION.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Riesgo Ergonómico

- <https://www.recuperacion.org/wp-content/uploads/2020/01/Ficha-Puesto-Maquinista.pdf>
- <https://habitat.ccoo.es/00b03d02d5b419a1df75e9d9e20ccb84000072.pdf>



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

14. Índice de Tablas

Tabla 1 - Competidores Directos Programa RenovAr	25
Tabla 2 – Listado de materiales I	26
Tabla 3 - Lista de materiales II	27
Tabla 4 - Matriz de Localización	34
Tabla 5 - Detalle de los Equipos de la PTG.....	47
Tabla 6 - Detalle de los Equipos de la PTG.....	48
Tabla 7 – Composición típica de biogás de RSU	50
Tabla 8 – Características Toxicológicas de los gases de vertedero I	52
Tabla 9 - Características Toxicológicas de los gases de vertedero II	53
Tabla 10 - Balance de Masa	66
Tabla 11 - Balance de Energía.....	67
Tabla 12 - Cálculo del Personal.....	68
Tabla 13 - Parámetros de Cálculo del Ciclo Periódico	77
Tabla 14 - Parámetros de Calculo Ciclo Continuo	78
Tabla 15 - Elementos de Protección Personal en el Trabajo	86
Tabla 16 – Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental y Social.....	99
Tabla 17 – Regresores, Histórico de Consumo y Proyección.....	101
Tabla 18 - Salida de datos Eviews I.....	103
Tabla 19 - Salida de Eviews Test de Ramsey.....	103
Tabla 20 - Salida Eviews Test de Cusum	104
Tabla 21 - Salida de Eviews Test Jarque-Bera.....	104
Tabla 22 - Salida de Eviews Test Autocorrelación	105
Tabla 23 - Salida de Eviews Test White	105
Tabla 24 - Supuestos del Proyecto	105
Tabla 25 - Supuestos del Power Purchase Agreement (Contratos de Compraventa de Energía).....	106
Tabla 26 - Inversión Inicial Total.....	106
Tabla 27 - Inversión en Ejecución Campo de Colección de Biogás	107
Tabla 28 - Inversión en Materiales I	108
Tabla 29 - Inversión en Materiales II	109
Tabla 30 - Inversión en Materiales III	110
Tabla 31 - Inversión en Equipos PTG	111
Tabla 32 - Inversión Obra Civil.....	111
Tabla 33 - Impuestos y Tasas.....	112
Tabla 34 – Ingreso por venta de generación	112
Tabla 35 - Costos Directos de Producción	113
Tabla 36 - Costo Nivelado de la Energía	113
Tabla 37 - Composición de Sueldos según categorías y convenios.....	114
Tabla 38 - Erogaciones Personal.....	116
Tabla 39 - Gastos Generales	116
Tabla 40 - Consolidación de Gastos Generales Producción y Administración	117
Tabla 41 – IVA.....	118



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final

Tabla 42 - Estructura Financiera	119
Tabla 43 - Amortización de la Deuda.....	119
Tabla 44 - Cuadro de Resultados Proyectado.....	120
Tabla 45 - Flujo de Fondos Proyectado	121
Tabla 46 - Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno	121
Tabla 47 - Caracterización de los RSU de Córdoba.....	126
Tabla 48 – Eficiencia de Extracción Promedio.....	126
Tabla 49 - Factores de Entrada para la Modelización	127
Tabla 50 - Modelización Parte I	128
Tabla 51 - Modelización Parte II	128
Tabla 52 - Modelización Parte III	129
Tabla 53 - Modelización Parte IV	129
Tabla 54 - Modelización Parte V.....	130
Tabla 55 – Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales (A).....	131
Tabla 56 - Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales (B).....	132
Tabla 57 – Matriz Legal Provincia de Córdoba	133

15. Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Etapas para evaluar Proyectos de Valorización de RSU	6
Gráfico 2 - Variables para la estimación de producción de Biogás	7
Gráfico 3 - Estructura WBS	12
Gráfico 4 - Comportamiento del Biogás	30
Gráfico 5 - Clima en la Provincia de Córdoba 2020	36
Gráfico 6 - Proyección de Flujo de Biogás	39
Gráfico 7 - Diseño Típico de un Sistema de Colección por Pozos Verticales.....	41
Gráfico 8 - Diseño de Pozo Vertical de Extracción de Biogás	41
Gráfico 9 - Detalle General de una Trinchera.....	43
Gráfico 10 - Detalle de un Cabezal de Trinchera	43
Gráfico 11 - Diagrama del proceso de Generación de biogás	56
Gráfico 12 - Diagrama de Bloques del Proceso	64
Gráfico 13 - Diagrama de Flujo del Proceso	65
Gráfico 14 - Plano Tentativo Sistema de Trincheras Etapa 1 y 2.....	71
Gráfico 15 - LayOut de Planta.....	72
Gráfico 16 - LayOut de Planta con Cotas	73
Gráfico 17 - Corte Planta de Tratamiento y Acondicionamiento de Biogás.....	73
Gráfico 18 - Corte Sección Generación de Energía Eléctrica y Estación Transformadora.....	74
Gráfico 19 - Estructura Organizacional.....	83
Gráfico 20 - Rol de Emergencia	89
Gráfico 21 - Incendio	89
Gráfico 22 - Fuga de Gas.....	90
Gráfico 23 - Accidente/Incidente.....	90



Aprovechamiento de Biogás de RSU para Generación de Energía Eléctrica Proyecto Final



Gráfico 24 - Impacto Ambiental	91
Gráfico 25 - Contingencias Climáticas	91
Gráfico 26 - Rol de Llamadas	92
Gráfico 27 - Proyección del Consumo de Energía Eléctrica	102
Gráfico 28 - Distribuciones de Probabilidad Variables de Entrada	122
Gráfico 29 - Distribución VAN Simulación Montecarlo	123
Gráfico 30 - Distribución TIR Simulación Montecarlo	123
Gráfico 31 - Proyección de Flujo de Biogás	127

16. Índice de Ilustraciones

Imagen 1 - Ejemplo de un Almacén/Obrador con 5S	80
---	----

17. Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 - Formula Modelo Econométrico	101
--	-----

18. Índice de Mapas

Mapa 1 - Red SADI en el predio de Piedras Blancas, Córdoba	28
Mapa 2 - Ubicación Satelital Relleno Sanitario Piedras Blancas	69
Mapa 3 - Zonas de disposición final y ubicación de la planta	70
Mapa 4 - Implantación de trincheras en imagen satelital etapas I y II.....	71