



# POSGRADOS

## MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-30-NO.506-2019

OPCIÓN DE TITULACIÓN:  
PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y TECNOLÓGICAS  
AVANZADAS

TEMA:  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA  
OBTENCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE A  
PARTIR DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE  
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

AUTOR(ES)  
DAVID ERNESTO SANAGUANO PINCAY  
MIXILY ALEXANDRA TUAREZ CAMPBELL

DIRECTOR:  
LENIN ESTUARDO CEVALLOS ROBALINO

GUAYAQUIL – ECUADOR  
2023



**Autor(es):****David Ernesto Sanaguano Pincay.**

Ingeniero en Electrónica  
Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales  
por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.  
dsanaguano@est.ups.edu.ec

**Mixily Alexandra Tuarez Campbell**

Ingeniera Agrícola Mención Agroindustrial  
Candidata a Magíster en Producción y Operaciones Industriales  
por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.  
mtuarez@est.ups.edu.ec

**Dirigido por:****Lenin Estuardo Cevallos Robalino**

Ingeniero Industrial - ESPOCH  
Máster en Ciencias y Tecnología Nuclear – UPM  
Doctor en Energías Sostenible, Nuclear y Renovable - UPM  
lcevallos@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2023 © Universidad Politécnica Salesiana.

GUAYAQUIL– ECUADOR – SUDAMÉRICA

**David Ernesto Sanaguano Pincay.**

**Mixily Alexandra Tuarez Campbell**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA OBTENCION DE ENERGÍA RENOVABLE A PARTIR DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, por bendecirme y darme un día más de vida, también agradezco a mis padres David y Cecilia por la crianza que tuve, sin llenarme de lujos y darme solo lo necesario en esta vida, lo que me permitió aprender a ganarme las cosas que yo me proponga y que me merezca en esta vida, agradezco a mi hermana por haberme ayudado a decidir que maestría tomar ya que, si deseaba y deseo continuar con mi crecimiento profesional e intelectual y en especial a mi sobrino Matthias, que a pesar de tener 1 año, es ese motorcito de amor y de alegría que me da fuerzas cada vez que la necesito.

DAVID

Agradezco a Dios por sus grandes bendiciones, a mi compañero David Sanaguano por la paciencia, amistad y apoyo durante este tiempo de maestría, desarrollo del proyecto de tesis y a mí por ser tenaz, fuerte y siempre cumplir todo lo que me propongo con mucho sacrificio que al final del camino traen muchas recompensas.

Gracias Mixily

MIXILY

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación expone el estudio de factibilidad para la obtención de energía a partir de la gestión integral de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Durán, el proyecto está dirigido para la producción de energía y biofertilizantes en la ciudad de Durán, además de todos los mercados de los cuales se puede generar ingresos por la venta de los subproductos elaborados con los materiales reciclados, clasificados o procesados.

Se toma como antecedentes la contaminación ambiental provocada por las emisiones de gases de efecto de invernadero que se emana por la descomposición de residuos en los vertederos municipales o que no son gestionados correctamente, además que son focos de alimentación de roedores, por lo cual la ciudad de Durán está presentando brotes de leptospirosis, también de los elevados precios y escases de agroquímicos importados. Adicionalmente el proyecto generará fuentes de empleos, aumentando la calidad de vida de la ciudad.

Se realizaron encuestas a la población con la finalidad de recopilar información vital que respalda la necesidad del proyecto en la ciudad, además que motivaría a los ciudadanos a reciclar y a clasificar sus residuos desde casa, ya que ven en sus residuos un valor agregado para la economía del país. Se realiza el debido análisis financiero obteniendo un plan de negocios con un VAN y una TIR que genera confianza para el inversor, siendo factible y viable el proyecto económicamente.

Se propone la localización de la planta que gestionará los residuos recolectados, la capacidad de procesamiento, diagrama de flujo de procesos, del cual se obtuvo un resultado positivo para el desarrollo e implementación del proyecto, lo cual nos determina que es favorable la puesta en marcha del proyecto.

## **ABSTRACT**

The present titling work exposes the feasibility study for obtaining energy from the integral management of urban solid waste in the city of Durán, the project is aimed at the production of energy and biofertilizers in the city of Durán, in addition to all markets from which income can be generated from the sale of by-products made from recycled, sorted or processed materials.

The environmental pollution caused by greenhouse gas emissions emanating from the decomposition of waste in municipal landfills or that are not managed correctly, in addition to being sources of feeding for rodents, is taken as background, for which the city de Durán is presenting outbreaks of leptospirosis, also due to high prices and shortages of imported agrochemicals. Additionally, the project will generate sources of employment, increasing the quality of life in the city.

Surveys were conducted on the population to collect vital information that supports the need for the project in the city, in addition to motivating citizens to recycle and classify their waste from home, since they see added value for the economy in their waste. from the country. The due financial analysis is conducted, obtaining a business plan with a NPV and an IRR that generates confidence for the investor, the project being economically workable and practical.

The location of the plant that will manage the collected waste, the processing ability, operations diagram, the environmental impact study is proposed, from which a positive result was obtained for the development and implementation of the project, which decides that it is favorable. the start-up of the project.

## TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	2
1.1	Situación problemática	2
1.2	Formulación del problema	3
1.2.1	Problema general	3
1.3	Justificación de la investigación	3
1.3.1	Justificación técnica	3
1.3.2	Justificación económica	4
1.3.3	Justificación social	4
1.4	Objetivos	5
1.4.1	Objetivo general	5
1.4.2	Objetivos específicos	5
2	Marco teórico	6
2.1	Antecedentes de investigación	6
2.2	Bases teóricas	7
2.2.1	Residuos sólidos urbanos	7
2.2.2	Gestión integral de rsu	7
3	Metodología	11
3.1	Tipo, diseño y nivel de investigación	11
3.1.1	Tipo de investigación	11
3.1.2	Diseño de investigación	11
3.1.3	Nivel de investigación	11
3.2	Método de investigación	12
3.3	Determinación de la población y muestra	12
3.4	Tipos de instrumentos de investigación seleccionada para el estudio	14
3.5	Tratamiento de la información	14
4	Resultados y discusión	15
4.1	Estudio de mercado	15
4.1.1	Ubicación de la planta	15
4.1.2	Análisis de demanda	16
4.1.3	Análisis de oferta	17
4.1.4	Análisis de oferta y demanda	18
4.1.5	Análisis de precios	18
4.2	Definición técnica de la planta	19
4.2.1	Especificaciones técnicas para la planta	19
4.2.2	Diseño de la planta	20
4.2.3	Acciones y costos por regulación	23
4.3	Proceso de la planta	23
4.3.1	Parámetros para la producción de biogás	25
4.3.2	Diagrama de flujo de proceso	27
4.3.3	Instalaciones y equipos de la planta	28
4.4	Estudio de impacto socio económico	29
4.5	Análisis del impacto ambiental	37
4.5.1	Metodología	37
4.5.2	Criterios de valoración de impactos ambientales	41
4.5.3	Identificación y evaluación de impactos	44
4.5.4	Resultados de la evaluación de impactos ambientales	46
4.6	Aspectos económicos y financieros	50
4.6.1	Estimación de la inversión	50

4.6.2	Costo de implementación de la planta	51
4.6.3	Costo de mano de obra directa	51
4.6.4	Costo fijo anual	52
4.6.5	Costo variable anual	53
4.6.6	Presupuesto de ingresos por ventas	53
4.6.7	Presupuesto capital de trabajo	54
4.6.8	Punto de equilibrio	55
4.7	Evaluación financiera, social y estudio ambiental	57
4.7.1	Evaluación financiera: VAN y TIR	57
4.7.1.1	Cálculo del costo promedio ponderado del capital	57
4.7.1.2	Análisis del TIR y VAN	58
4.7.1.3	Comparación con otros métodos de obtención de biogás en el país	59
5	Referencias bibliográficas	61
6	Anexos	65

### LISTA DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b>	Composición del biogás	9
<b>Tabla 2.</b>	Especificación técnica de la planta	19
<b>Tabla 3.</b>	Producción diaria de la planta clasificadora de 200 T/D	21
<b>Tabla 4.</b>	Producción diaria de la planta de pirolisis de madera.	22
<b>Tabla 5.</b>	Producción diaria de la planta de pirolisis de neumáticos.	22
<b>Tabla 6.</b>	Obtención de biol	26
<b>Tabla 7.</b>	Referencia para la valoración de impactos ambientales	41
<b>Tabla 8.</b>	Escala de valoración de la magnitud e importancia del impacto	42
<b>Tabla 9.</b>	Escala de valoración de la severidad del impacto	43
<b>Tabla 10.</b>	Escenarios potenciales de matrices de evaluación de impactos ambientales durante la construcción	44
<b>Tabla 11.</b>	Matriz cualitativa	48
<b>Tabla 12.</b>	Matriz cuantitativa	49

### LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Beneficios de la producción de biogás	10
<b>Figura 2.</b>	Ubicación propuesta para el proyecto	15
<b>Figura 3.</b>	Producción de cultivos (Tn) por unidad de fertilizante sintético.	16
<b>Figura 4.</b>	Importaciones de agroquímicos de Ecuador en el 2022	17
<b>Figura 5.</b>	Reporte de precio de insumos agroquímicos.	19
<b>Figura 6.</b>	Planta clasificadora de RSU en Xinjiang	20
<b>Figura 7.</b>	Planta de pirolisis de madera en Brasil	21
<b>Figura 8.</b>	Planta de pirolisis de neumáticos en Lu'an	22
<b>Figura 9.</b>	Planta de biogás en Voroshnevo	23
<b>Figura 10.</b>	Uso de biogás	26
<b>Figura 11.</b>	Diagrama de flujo de proceso de la planta	27
<b>Figura 12.</b>	Resultado de la pregunta 1 de la encuesta en la población de Durán.	29
<b>Figura 13.</b>	Resultado de la pregunta 2 de la encuesta en la población de Durán.	30
<b>Figura 14.</b>	Resultado de la pregunta 3 de la encuesta en la población de Durán	30
<b>Figura 15.</b>	Resultado de la pregunta 4 de la encuesta en la población de Durán	31
<b>Figura 16.</b>	Resultado de la pregunta 5 de la encuesta en la población de Durán	31
<b>Figura 17.</b>	Resultado de la pregunta 6 de la encuesta en la población de Durán	32

<b>Figura 18.</b> Resultado de la pregunta 7 de la encuesta en la población de Durán .....	32
<b>Figura 19.</b> Resultado de la pregunta 8 de la encuesta en la población de Durán .....	33
<b>Figura 20.</b> Resultado de la pregunta 9 de la encuesta en la población de Durán .....	33
<b>Figura 21.</b> Resultado de la pregunta 10 de la encuesta en la población de Durán .....	34
<b>Figura 22.</b> Resultado de la pregunta 11 de la encuesta en la población de Durán .....	34
<b>Figura 23.</b> Resultado de la pregunta 12 de la encuesta en la población de Durán .....	35
<b>Figura 24.</b> Resultado de la pregunta 13 de la encuesta en la población de Durán. ....	35
<b>Figura 25.</b> Resultado de la pregunta 14 de la encuesta en la población de Durán .....	36
<b>Figura 26.</b> Resultado de la pregunta 15 de la encuesta en la población de Durán .....	36
<b>Figura 27.</b> Valor unitario de ingresos y gastos .....	50
<b>Figura 28.</b> Inversión Inicial .....	51
<b>Figura 29.</b> Valor total de los equipos que conforman la planta.....	51
<b>Figura 30.</b> Costo total por mano de obra. ....	52
<b>Figura 31.</b> Costo fijo anual. ....	52
<b>Figura 32.</b> Análisis del costo variable .....	53
<b>Figura 33.</b> Precio referencial para materiales reciclables en el Ecuador.....	54
<b>Figura 34.</b> Presupuesto total por ingreso en ventas. ....	54
<b>Figura 35.</b> Cálculo de capital de trabajo .....	55
<b>Figura 36.</b> Obtención del punto de equilibrio desde Excel .....	56
<b>Figura 37.</b> Análisis de punto equilibrio por unidad.....	56
<b>Figura 38.</b> Cálculo del WACC del primer caso.....	57
<b>Figura 39.</b> Cálculo del WACC para el segundo caso. ....	57
<b>Figura 40.</b> Obtenciones del TIR y VAN del escenario1.....	58
<b>Figura 41.</b> Obtención del TIR y VAN del escenario 2 .....	58



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD  
PARA LA OBTENCION DE  
ENERGÍA RENOVABLE A PARTIR  
DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE  
RESIDUOS SOLIDOS URBANOS**

**Autores:**

*David Ernesto Sanaguano Pincay*

*Mixily Alexandra Tuarez Campbell*

## CAPITULO 1

### 1 INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Situación problemática

El consumismo y la falta de cultura por el reciclaje es tema de preocupación, cada año que pasa la capa de ozono se reduce debido a las emisiones de gases de efecto invernadero y a la contaminación ambiental provocada por el ser humano (Paredes, et al., 2021). El calentamiento global es tema de preocupación, según estudios las consecuencias ya son evidentes: reducción del área de los polos, sequías, inundaciones, aumento de temperatura, entre otros (Geaographic, 2023).

Aunque la gestión de los residuos sólidos urbanos esta normada, presenta un déficit a nivel nacional ya que no posee un apropiado sistema de tratamiento y descomposición final (Palacios, 2017), provocando un serio problema ambiental y de salud pública, aumentando cada año proporcionalmente al crecimiento poblacional de nuestro país (Ambiente, 2020).

Asciende a treinta y uno los casos de leptospirosis en la ciudad de Durán, debido a la etapa invernal actual que está pasando el país, la poca gestión de residuos urbanos que provocan la obstaculización de las vías de desfogue de aguas lluvias y a la proliferación de roedores en la ciudad (El Universo, 2023).

El cambio climático, el conflicto entre Rusia y Ucrania y las debidas sanciones han precipitado una grave escasez de fertilizantes, poniendo en situación crítica la alimentación en el mundo (Bourne, 2022).

## **1.2 Formulación del problema**

### ***1.2.1 Problema general***

¿Se podrá obtener energía renovable a partir de una buena gestión de residuos orgánicos en la ciudad de Durán?

### ***1.2.2 Problemas específicos***

¿Actualmente se puede gestionar íntegramente los desechos urbanos producidos cada día en la ciudad de Durán?

¿Producir energía eléctrica a partir de desechos municipales motivaría a la población de Durán a reciclar, reducir y reusar sus desechos sólidos ayudando a minimizar el uso de rellenos sanitarios?

¿Los biofertilizantes obtenidos a partir del biol generados en los biodigestores, incentivaría a la población de Durán a producirlos de manera económica y ambientalmente sustentable?

## **1.3 Justificación de la investigación**

### ***1.3.1 Justificación técnica***

La reducción de recursos no renovables y el impacto ambiental que provoca el uso de estos recursos para producción de energía está incentivando investigaciones para descubrir nuevos métodos para producir energías renovables, lo cual permita la erradicación del uso de combustibles fósiles (Acciona, 2023).

En materia de energía, más de tres mil millones de personas alrededor del mundo están vivas gracias a los fertilizantes nitrogenados, se depende directamente de la

obtención de: fósforo, potasio, nitrógeno, para el crecimiento de la población mundial (Bourne, 2022).

### ***1.3.2 Justificación económica***

La economía de los países está siendo afectada por la reducción de fuentes de energía como: el gas “GLP”, sequías de ríos que provocan la paralización de hidroeléctricas, y altos precios de derivados del petróleo usados como combustible para la transportación de productos de primera necesidad y productos de gran demanda comercial (Guerra & Martínez, 2021).

Los precios de los fertilizantes sintéticos han aumentado considerablemente, llegando a alcanzar los \$700 por tonelada, por lo cual urge la necesidad de buscar alternativas de producción de fertilizantes que disminuyan los costos de producción de alimentos (Redagrícola, 2022).

A partir de este proyecto mediante el plan financiero se pretende establecer la viabilidad de la ejecución del proyecto.

### ***1.3.3 Justificación social***

El presente estudio tiene como finalidad aportar a la producción de energía eléctrica a partir de la termo-valorización, aumentando el bienestar social a partir de la gestión integral de residuos sólidos urbanos. Disminuyendo el impacto ambiental provocado por las celdas de confinamiento que están situadas en zonas aledañas a la población, además de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero provocado por la quema de combustibles fósiles usados: en la extracción de la materia prima, procesamiento y transporte de los agroquímicos, además de crear puestos de trabajos necesarios para la operación y producción de la planta que estará a cargo de la gestión integral.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Estudiar la factibilidad para la obtención de energía renovable a partir de la gestión integral de residuos sólidos urbanos

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Ofrecer un estudio a la población de Durán que permita gestionar íntegramente los desechos sólidos producidos cada día en la ciudad.
- Proponer en base a experiencias previas la producción de energía eléctrica a partir de los desechos municipales para motivar a la población a: reciclar, reducir y reusar sus desechos orgánicos y minimizar el uso de rellenos sanitarios.
- Proponer los beneficios económicos y ambientales del uso de biofertilizantes obtenidos a partir del biol generado en los biodigestores, para incentivar su producción.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

Cada día en el Ecuador se generan aproximadamente catorce mil toneladas de desecho, lo que anualmente representa aproximadamente cinco millones de toneladas de desechos, de los cuales 43% son residuos inorgánicos y el 56% residuos orgánicos (Ministerio del Ambiente, 2020).

La reducida inversión destinada para estudios y desarrollo de proyectos con fines de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos es uno de los más complejos problemas que enfrentan los municipios de Ecuador y en el resto del mundo (Agua, 2020).

La falta de gestión integral de residuos urbanos y el reducido control de estos, provoca que los desechos terminen en zonas no adecuadas como: ríos, manglares, bosques, afluentes, etc. Provocando contaminación ambiental y afectaciones a la salud humana (Flores, et al., 2018).

Aproximadamente el 73,2% de GADM gestionan sus residuos en unidades o direcciones del propio GADM, el 36,5% de los GADM iniciaron o mantuvieron proceso de separación en la fuente, del total de desechos recogidos: el 45,7% de los GADM depositan los residuos en rellenos sanitarios, el 28,8% en celdas de confinamiento o celdas emergentes y el 25,6% en botaderos (Cando, 2020).

Para consolidar una producción energética limpia, implementa el Gobierno Nacional políticas que fortalecen la confianza de los inversionistas en proyectos para el Ecuador, que incluyen alianzas público-privada con regulaciones y con esquema tarifario atractivo para invertir en la ejecución de proyectos (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Se promueve y estimula el desarrollo de cultivos con el uso de biol, con el cual se pretende fortalecer la producción local, generando productos agrícolas de calidad, garantizando la seguridad alimentaria y optimizando recursos, haciendo énfasis en la protección del medio ambiente (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022).

Según registros del municipio de Durán se genera más de 300 toneladas de RSU al día, aunque el cantón posee su propio relleno sanitario situado en el km 14,5 de la vía Durán-Tambo, se han detectado grandes masas de desperdicio alrededor de las instalaciones y micro botaderos a lo largo de la ciudad debido a las indiscriminadas descargas de residuos de personas y empresas para evitar el pago de la tasa oficial de \$75 por el servicio del relleno sanitario (Palma, 2023).

## **2.2 Bases teóricas**

### ***2.2.1 Residuos sólidos urbanos***

Los residuos sólidos urbanos o RSU son todos los desechos sólidos que se generan en los núcleos urbanos como centros comerciales, domicilios particulares, oficinas, centros de estudios, entre otros (Andaluz, 2020).

### ***2.2.2 Gestión integral de RSU***

Se considera a la gestión integral de los residuos sólidos como una disciplina comprometida con: la generación, recolección, transferencia, almacenamiento, transporte y disposición final para el correcto control de residuos sólidos, para mantener los principios de salud e higiene pública de manera adecuada (Bartra, Delgado, 2020). La gestión de los RSU de manera integral debe implementar tecnologías para la correcta manipulación desde la generación hasta la disposición, dándoles un destino final amigable con el medio ambiente (MINAM, 2019).

Según Jiménez la gestión de residuos sólidos posee diversas problemáticas:

- a) Control de Impacto Ambiental.
- b) Aumento de la generación de desechos.
- c) Requerimientos de tecnología, espacios físicos y presupuesto para una gestión correcta.

### ***2.2.3 Sistema integral de residuos sólidos urbanos***

La interacción integral de organismos en una o varias etapas que abarcan: (Castro, Pérez, 2019).

- a) Énfasis en la concientización de reusó, reciclaje y reducción de residuos.
- b) Separación de los residuos generados.
- c) Recolección y transportación por separado de residuos.
- d) Disposición final y aprovechamientos de los residuos.

### ***2.2.4 Metodología de tratamiento de desechos orgánicos***

Para una adecuada gestión de los residuos sólidos orgánico-municipales se debe aplicar un tratamiento adecuado, los tratamientos más comunes son (CANAPEP, 2017):

- a) Digestión anaerobia
- b) Sistema aerobio

### ***2.2.5 Sistema anaerobio***

Proceso donde se produce: CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, entre otros a partir de la degradación anaerobia de la materia orgánica (Martínez, et al., 2016).



### 2.2.6 Sistema aerobio

Proceso de estabilización aeróbica de la materia orgánica, entre ellos se tiene: bokashi, compostaje, lombricultura, entre otros (Colmenares & Tún, 2019).

### 2.2.7 Biogás

Gas renovable producto del tratamiento de residuos biodegradables mediante descomposición anaeróbica (Benato & Macor, 2019).

**Tabla 1.** Composición del biogás

Componente	Fórmula química	Porcentaje
Gas carbónico	C02	36%
Metano	CH4	58%
Nitrógeno	N2	0.55%
Hidrogeno	H2	1.02%
Oxigeno	O2	0.10%
Monóxido de carbono	CO2	0.10%
Ácido sulfhídrico	H2S	0.10%

**Fuente:** (Winqvist, et al., 2019)

### 2.2.8 Pirolisis de polímeros

Proceso de descomposición química de materia en ausencia de oxígeno en altas temperaturas, la cual genera: energía, gas de síntesis que posterior al destilarlo sirve de combustible (Tecamgroup, 2022).

### 2.2.9 *Pirolisis de madera*

Proceso de descomposición química de materia en ausencia de oxígeno en altas temperaturas, la cual genera: energía, vinagre de madera, carbono fino que se usa para la producción de carbón de brasa y abono (Tecamgroup, 2022).

### 2.2.10 *Biol*

Abono natural producto de la descomposición anaeróbica de desechos orgánicos, promoviendo el desarrollo de los cultivos y mejorando la disposición de nutrientes en los suelos para la producción agrícola (Portalfruticola, 2023).

### 2.2.11 *Fertilizantes químicos*

Abonos artificiales con macronutrientes para la tierra que deben ser administrados de manera responsable, ya que en grandes cantidades producen contaminación ambiental y degradan el suelo de tal manera que los hace infértiles (Neves, 2022).

**Figura 1.** Beneficios de la producción de biogás



**Fuente:** (Paez, 2022)

## CAPÍTULO III

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo, diseño y nivel de investigación

##### *3.1.1 Tipo de investigación*

Se realiza una investigación de tipo descriptiva y exploratoria, ya que está basada en: archivos, artículos científicos, investigaciones referentes al desarrollo de energías renovables y a la afectación proveniente por el calentamiento global, además se recolecta información de base de datos, análisis y aplicación de encuestas a la población, para realizar una propuesta de manejo adecuado y sustentable de los desechos dentro de la ciudad (Nieto, 2018).

##### *3.1.2 Diseño de investigación*

Para el presente estudio se recopila información de investigaciones ya realizadas para determinar la oferta y demanda actual del tema propuesto, realizando encuestas a la población, se corrobora la necesidad del tema de investigación teniendo un diseño de investigación descriptivo.

##### *3.1.3 Nivel de investigación*

El presente estudio tiende a una orientación aplicada, ya que partirá de una situación problemática en la gestión de residuos urbanos, para luego proponer una solución mediante acciones evaluadas.

## **3.2 Método de investigación**

Se aplica el método sintético de investigación, ya que se toma lo más importante de cada proceso para determinar la factibilidad de los objetivos planteados (Coelho, 2020).

### ***3.2.1 Determinación de la factibilidad***

La determinación de factibilidad del proyecto se enfoca en el área de desarrollo energético, se realiza un análisis de necesidad del proyecto, determinación de prioridad del proyecto en el desarrollo económico-social del país (del Rocío & Ruíz, 2017), además de las proyecciones que se podrá tener a futuro desarrollando el proyecto, se realiza un estudio de mercado, estudio técnico, estudio organizacional y estudio financiero (Delgado & García, 2016).

Para el estudio de mercado se realizan encuestas proporcionales al número de muestra de la población total, para el estudio técnico se toma en cuenta los recursos necesarios y los beneficios que se podrá obtener como objetivo del proyecto, además de los procesos, capacidades y tipo de maquinarias que se podrá emplear (Valarezo, et al., 2016). En el estudio financiero se contempla los gastos por la ejecución del proyecto, gastos administrativos y posibles ingresos por ventas, además de la proyección financiera que se tendrá por la vida útil del proyecto.

## **3.3 Determinación de la población y muestra:**

### ***3.3.1 Población:***

El proyecto se aplica en la ciudad de Durán, tomando como referencia su población actual aproximada, proyectándola a 20 años como vida útil del proyecto.

Según el censo efectuado el año 2010 Durán poseía una población de 235.769 habitantes, y para el 2020 se proyectaba una población de 325.724 habitantes (INEC, 2010).

Fórmula de cálculo de la densidad poblacional futura (Medina, 2010):

$$N_t = N_o (1 + r * t)$$

Donde:

$N_t$  = pob. fin.

$N_o$  = pob. ini.

$r$  = índice poblacional.

$t$  = tiempo en años entre  $N_t$  y  $N_o$

$$N_{2037} = 325.724 (1 + 0,038 * (2037 - 2020))$$

$$N_{2037} = 536.141 \text{ habitantes.}$$

### 3.3.2 Muestra

El proyecto toma como muestra la cantidad de desechos urbanos producido diariamente por dicha población. Para lo cual se recurre de la fórmula estadística tamaño de la muestra.

Fórmula de cálculo del tamaño de la muestra (Medina, 2010):

$$n = \frac{N Z^2 p q}{d^2 (N - 1) + Z^2 p}$$

Donde:

$N$  = tamaño de la población

$Z$  = valor de  $z$  crítico (1,96, 95%)

$p$  = proporción en la población de referencia (0,05 5%)

$$q = 1 - p = 1 - 0,05 = 0,95$$

d= nivel de precisión absoluta. 5%

$$n = \frac{325.724 * 1,96^2 * 0,05 * 0,95}{0,05^2 (325.724 - 1) + 1,96^2 * 0,05 * 0,95}$$

$$n = \frac{59.436,81}{814,49} = 73 \text{ muestras}$$

Se determina que la cantidad de encuestas a realizar serán de 73 muestras.

### **3.4 Tipos de instrumentos de investigación seleccionada para el estudio**

#### **3.4.1 Técnicas:**

Se emplea la técnica cuantitativa, ya que se realiza estudio de tipo descriptivo y encuestas para la obtención de datos en la investigación.

#### **3.4.2 Instrumentos de investigación:**

Para cumplir los objetivos se emplean reportes de artículos científicos, análisis de las diversas técnicas de producción de: energía con fuentes renovables y biofertilizantes, técnicas de procesamiento de desechos, resultados de encuestas poblacionales para la determinación de la muestra de la población.

### **3.5 Tratamiento de la Información**

Para el tratamiento de la información se define el objetivo principal de la investigación, se recopila información que será analizada para dar una interpretación de los resultados de los datos analizados que serán almacenados en los formularios de Google.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente tema tiene como finalidad desarrollar un estudio de factibilidad que permita obtener lo viable del proyecto para la obtención de energía renovable como: la producción de energía térmica, energía eléctrica a partir del tratamiento de desechos urbanos, dando un valor agregado a estos desechos.

#### 4.1 Estudio de mercado

##### 4.1.1 Ubicación de la planta.

El terreno donde está ubicado el actual relleno sanitario de Durán permanece copado el 52% de un total de 3 hectáreas (Gordillo, 2020), de las cuales solo es necesaria 1,3 hectárea para la instalación de la planta procesadora de residuos, lo cual sirve para tratar los residuos que yacen en las celdas de los rellenos sanitarios, además que los terrenos adyacentes son óptimos en caso de tener la necesidad de escalar en las operaciones

**Figura 2.** Ubicación propuesta para el proyecto

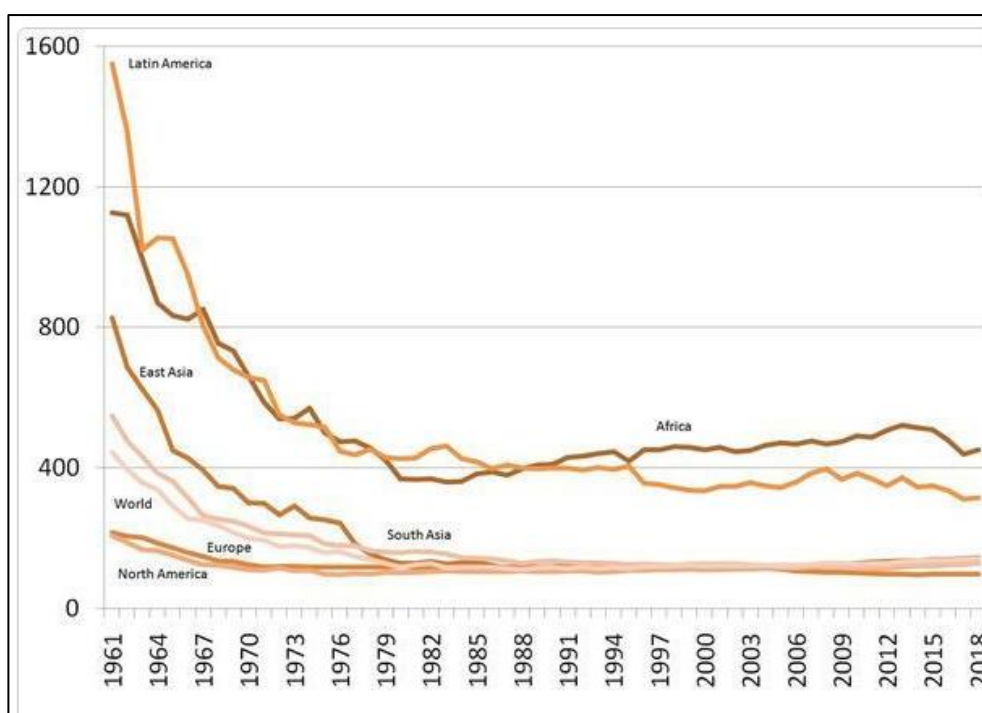


### 4.1.2 Análisis de demanda

En Ecuador la demanda de electricidad aumento un 8,13%, de acuerdo con los reportes de la Agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables, hasta febrero del 2022 se registró una demanda mensual máxima de: 4.152,33(MW), CNEL Guayaquil posee una demanda mensual máxima de: 933,25 MW.

Alrededor del mundo se ha incrementado el consumo de alimento per cápita, lo cual aumenta la demanda de agroquímicos o abonos, pero el rendimiento de los cultivos ha disminuido, debido al excesivo uso de fertilizantes químicos. (FAO, 2018)

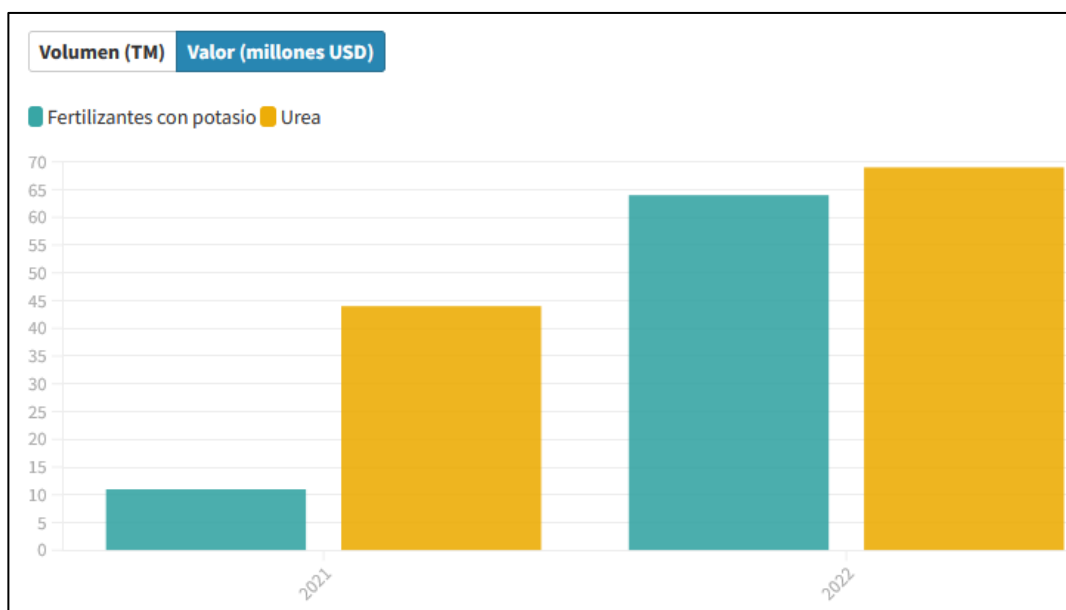
**Figura 3.** Producción de cultivos (Tn) por unidad de fertilizante sintético.



**Fuente:** (IATP, 2021)

Ecuador destina como subsidio alrededor de sesenta y cuatro millones de dólares para la adquisición de ochenta y cinco mil toneladas de agroquímicos con contenidos de potasio y fósforo que va desde un 50% a 60%. (Primicias, 2022)



**Figura 4.** Importaciones de agroquímicos de Ecuador en el 2022

**Fuente:** (Primicias, 2022)

#### 4.1.3 Análisis de oferta

Según los Ingenieros Julio Argoti y Javier Iza la oferta de generación de energía eléctrica en el Ecuador es de 6,949 MW, sin embargo, debido a los mantenimientos preventivos y correctivos, estaciones del año, factores climáticos, etc. La oferta puede variar considerablemente.

Aunque se aumentó en un 238% la producción en centrales termoeléctricas debido al estiaje, la producción de energía en las hidroeléctricas ha disminuido un 22% a inicios de año (Mercurio, 2022), sin tomar en cuenta la disminución de la producción a futuro debido a la falta de un plan de mantenimiento por parte de CELEC, Ecuador ha importado 5,355 MW.

Debido a la gran demanda de agroquímicos en Ecuador y a su baja producción, Rusia es el principal proveedor con un 36%, Finlandia con un 23%, Estonia el 17%, China 10% e Indonesia 8% (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022).

#### ***4.1.4 Análisis de oferta y demanda***

En la actualidad la demanda de energía eléctrica ha sido abastecida en un 93%, teniendo un aumento de demanda anual del 3%, lo que genera la necesidad de atender este mercado con crecimiento exponencial cada año (Ministerio de energías y minas, 2021).

El MAG destina más de veinte y siete millones de dólares para subsidios de fertilizantes, con el cual más de cien mil agricultores se benefician con el subsidio del 50% del saco de 50kg de urea, el cual supera actualmente los sesenta dólares (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022), lo cual sería rentable producir en el país biofertilizantes.

#### ***4.1.5 Análisis de precios***

Mediante resolución ARCERNNR-009/2022, la Agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables, determino que la tarifa nacional promedio se mantenga en 9,189 centavos de dólar por cada kWh, para más de 5'505.033 clientes de servicio de energía.

El costo medio de generación comprende en 3,36 centavos de dólar por cada kWh, un costo medio de transmisión de 0,68 centavos de dólar por cada kWh, y un costo de distribución de 5,15 centavos de dólar por cada kWh (DRETSE, 2021).

**Figura 5.** Reporte de precio de insumos agroquímicos.

Ingrediente Activo	Concentración	Tipo Insumo	Nombre Comercial	Contenido	Unidad de Medida	Precio
FOSFATO DIAMONICO	18-46-0	FERTILIZANTES	FOSFATO DIAMONICO	50	Kilogramo	\$ 62.70
UREA	46-0-0	FERTILIZANTES	UREA	50	Kilogramo	\$ 68.00
MURIATO DE POTASIO	0-0-60	FERTILIZANTES	MURIATO DE POTASIO	50	Kilogramo	\$ 56.00
FOSFATO DIAMONICO	18-46-0	FERTILIZANTES	FOSFATO DIAMONICO	50	Kilogramo	\$ 56.00
UREA	46-0-0	FERTILIZANTES	UREA	50	Kilogramo	\$ 40.00
UREA	46-0-0	FERTILIZANTES	UREA	50	Kilogramo	\$ 43.00
MURIATO DE POTASIO	0-0-60	FERTILIZANTES	MURIATO DE POTASIO	50	Kilogramo	\$ 59.15
FOSFATO DIAMONICO	18-46-0	FERTILIZANTES	FOSFATO DIAMONICO	50	Kilogramo	\$ 60.25

**Fuente:** (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023)

## 4.2 Definición técnica de la planta

### 4.2.1 Especificaciones técnicas para la planta

Se puede tratar residuos de plásticos, metales, vidrios, residuos orgánicos, residuos de cocina, restos de podas, estiércol, etc.

Para el correcto funcionamiento de la planta generadora de energía a partir de la gestión de residuos urbanos se debe contemplar las siguientes especificaciones técnicas.

**Tabla 2.** Especificación técnica de la planta

Materia prima	Residuos sólidos urbanos, industriales y obsoletos de vertederos
Capacidad	30-40 t/h
Potencia Total	3.2 Mw
Área Ocupada	10200 m <sup>2</sup>
Turno de producción	2-3 turnos
Mano de obra	60-70 personas

**Fuente:** (BESTON, 2019)

#### ***4.2.2 Diseño de la planta***

Para el diseño de la planta se ha dividido en dos etapas, la primera etapa de clasificación de desperdicios, mientras que la segunda etapa es de tratamiento de los residuos y obtención de subproductos.

##### **4.2.2.1 Etapa de clasificación de desperdicios**

Para la etapa de clasificación se empleará un equipo tecnológico especial para realizar una clasificación manual y automática eficiente de desechos por medios profesionales y mecanizados, se observa en la figura 6 la planta en Xinjiang instalada en el año 2020 con capacidad de 200 tpd.

**Figura 6.** Planta clasificadora de RSU en Xinjiang



**Fuente:** (BESTON, 2019)

**Tabla 3.** Producción diaria de la planta clasificadora de 200 T/D

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Metales reciclables	1.6	T/D
Cartones reciclables	5	T/D
Vidrios reciclables	3	T/D
Partículas de plástico	12	T/D
Materia orgánica	150	T/D
Otros residuos	50	T/D

**Fuente:** (BESTON, 2019)

#### 4.2.2.2 Etapa de tratamiento de desperdicios

Para la etapa de tratamiento de desperdicios se emplean equipos tecnológicos que transformen en productos secundarios o en energía (biogás, gas de síntesis, carbón, etc.) los residuos orgánicos, plásticos, madera, entre otros, se observa en la figura 7 la planta instalada en el 2020 en Brasil con una capacidad de 2-4 m<sup>3</sup>/h, en la figura 8 la planta de Lu'an instalada en el 2020 con 4 plantas de capacidad de 12-16 T/D., en la figura 9 la planta de biogás en Voroshnevo instalada en el 2021 con capacidad de 200 T/D, con una potencia de 2 MW.

**Figura 7.** Planta de pirolisis de madera en Brasil



**Fuente:** (BESTON, 2019)

**Tabla 4.** Producción diaria de la planta de pirolisis de madera.

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Bio-carbón	30%	T/D
Vinagre de madera	8%	T/D
Aceite de alquitrán	2%	T/D

**Fuente:** (BESTON, 2019)

**Figura 8.** Planta de pirolisis de neumáticos en Lu'an

**Fuente:** (BESTON, 2019)

**Tabla 5.** Producción diaria de la planta de pirolisis de neumáticos.

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Aceite de neumático	45%	T/d
Alambre de acero	15%	T/d
Negro de carbón	30%	T/d

**Fuente:** (BESTON, 2019)

**Figura 9.** Planta de biogás en Voroshnevo



**Fuente:** (Zorg Biogás, 2023)

La planta de biogás en Voroshnevo tiene la capacidad para recibir: 130 T de residuos orgánicos + 50 T de estiércol + 20 T de residuos provenientes de camales, con tecnología CSTR classic, con un total de 4x 3600 m<sup>3</sup> de volumen en tanques, con una potencia de 2 MW., 50 T de residuos generan 1 MW de energía (Zorg Biogás, 2021).

#### ***4.2.3 Acciones y costos por regulación.***

Para la regulación de las actividades del proyecto se debe obtener licencias de permiso ambiental del cual tiene costo del 1x1000 del total del proyecto dependiendo de la categoría impacto ambiental (Vélez, 2020).

### **4.3 Proceso de la planta**

Los residuos recogidos por la máquina recolectora son llevados al área de recepción de residuos, descargados en el tanque de recepción de materia prima y transportados a lo largo de la cinta transportadora de alimentación.

Las cintas transportan los residuos a las estaciones de clasificación manual, donde los empleados clasifican: botellas de plástico, objetos de madera, objetos voluminosos, cartón, etc.

Luego, los residuos ingresan a la trituradora, que se encarga de triturar los residuos enfundados, para tener una mayor eficiencia de procesamiento. Estos desechos se pueden vender directamente o reciclar posteriormente.

Los residuos triturados se introducen en la criba de tambor, el tamiz de barril procede a clasificar por volumen, puede separar el material de acuerdo con el volumen de cada sustancia. El material más pequeño que el orificio del tamiz se deposita en la parte inferior, y el volumen más grande sale del tamiz automáticamente.

Los residuos que quedan en la parte inferior de la criba son separados de las sustancias metálicas por un separador magnético, luego transportados por correa, recogidos por un vehículo y enviados a la fundición, mientras que las sustancias orgánicas restantes son enviadas al reactor de biogás para su producción de: biogás, biol, etc.

El material que sale de la parte superior se separa mediante un separador magnético para separar el material ferromagnético, y el material restante se transfiere a un separador de aire para separar el plástico del material.

Los objetos pesados son en su mayoría una mezcla de materiales orgánicos y materiales combustibles con alto poder calorífico, aptos para la combustión y producción de energía térmica y la producción de electricidad.

El material liviano es principalmente una mezcla de película film y papel, el papel clasificado y cualquier impureza se incineran, mientras que el plástico se recolecta, se limpia y recicla como gránulos de plástico.

Los lixiviados del proceso se recolectan para un tratamiento seguro y poder usarse como agua para riego agrícola o devolverse al proceso de fábrica mediante ósmosis inversa.



Los gases residuales generados durante el proceso de tratamiento de residuos se recolectan para un tratamiento inocuo, producir energía y posterior ser descargados según la normativa ambiental.

El biogás producido en los reactores se depura a través de filtros para la eliminación de humedad, sulfuro de hidrogeno y restos de impurezas, posterior serán enviados a los generadores donde se producirá energía eléctrica y vapor, que se podrá usar para la operación de la planta o ser introducida al sistema de distribución eléctrica de la ciudad, teniendo en cuenta que los reactores de biodigestión también pueden tratar aceites usados, materia acumulada en las trampas de grasas, lodos de las EDAR y PTAR.

De la pirolisis de polímeros se obtiene: fuel oíl, negro de humo, alambres de acero en caso del uso de neumáticos reciclados, gas de síntesis, etc.

De la pirolisis de la madera a partir de los restos de poda, aserrín, cascaras de coco, entre otros se obtiene: bio-carbón, vinagre de madera, gas sintético, etc.

#### ***4.3.1 Parámetros para la producción de biogás.***

Para la producción de biogás se deben contemplar los siguientes parámetros (Páez, 2020):

- a) Contenido de sólidos.
- b) Tiempo de retención hidráulica
- c) Alimentación diaria.
- d) Temperatura del sustrato.
- e) Nivel de acidez.
- f) Agitación.

Por los factores antes mencionados es más factible la obtención de biogás en biodigestores a gran escala que en rellenos sanitarios, debido a que se puede controlar los parámetros establecidos aumentando la producción de biogás.

**Figura 10.** Uso de biogás



**Fuente:** (Paez, 2022)

**Tabla 6.** Obtención de biol

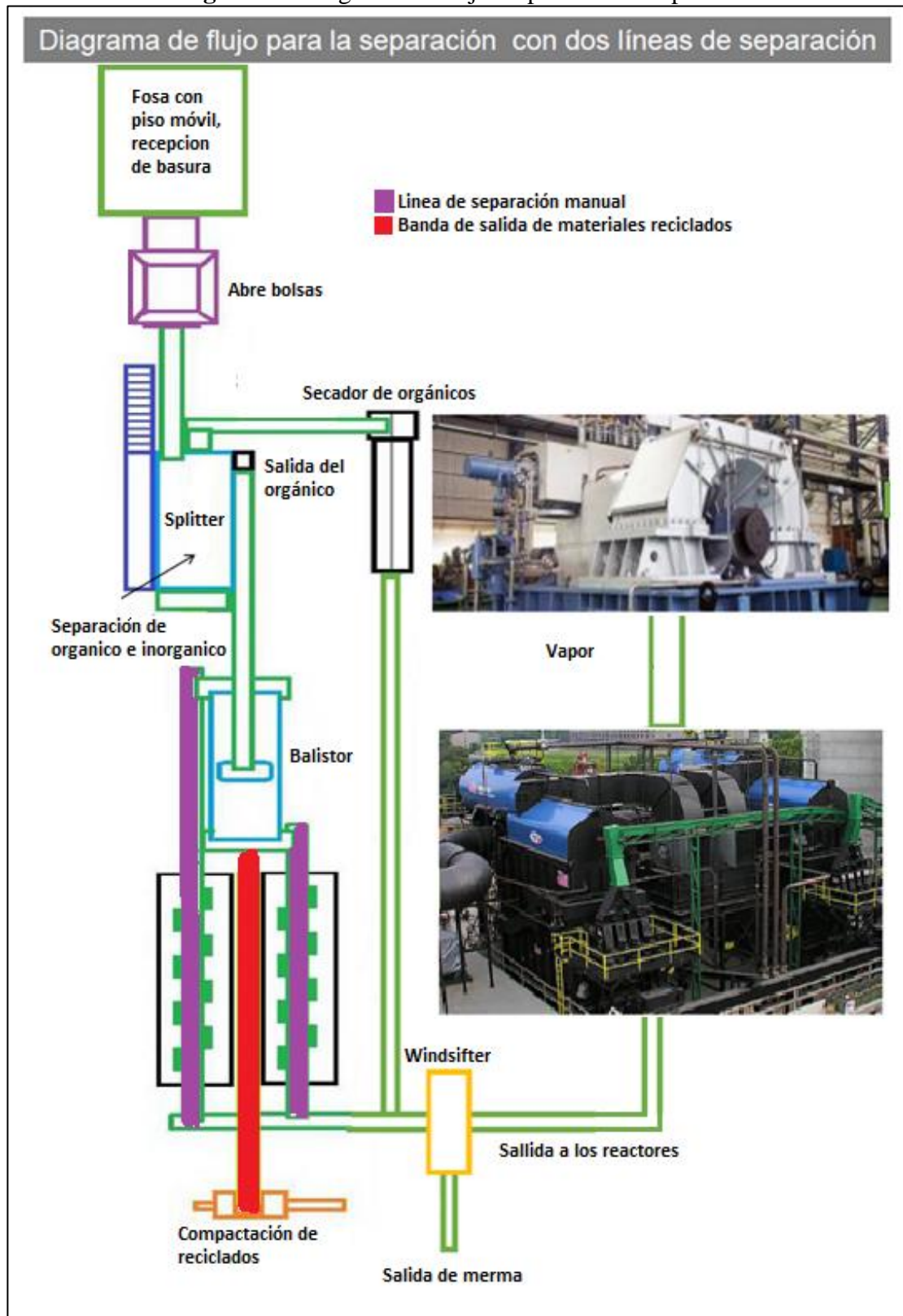
		Biosol	Biol
	Materia total [T/año]	Materia Orgánica seca total [T/año]	Líquido total [T/año]
Entrada	2000	328	1672
Salida	1802	132	1669
Productos de salida	90,11%	7.35%	92,65%

**Fuente:** (Paez, 2022)

Según Páez se determina que por el 100% de materia que ingresa al biodigestor, se obtiene un 7.35% de biosol y un 92,65% de biol

### 4.3.2 Diagrama de flujo de proceso

**Figura 11.** Diagrama de flujo de proceso de la planta



Fuente: (GAMMAKAT Logistic, 2023)

### ***4.3.3 Instalaciones y equipos de la planta.***

La planta para el correcto funcionamiento consta de 5 sistemas (BESTON, 2019):

a) Sistema de procesamiento y selección.

Los materiales de desecho se: procesan sucesivamente, clasifican, trituran, tamizan, separa por magnetismo, separan por fotoeléctrica (inteligencia artificial), se usa separación por viento, comprime, etc.

Los residuos se pueden vender o procesar directamente e incinerarse para generación de energía eléctrica, etc.

b) Sistema de control electrónico

Dividido en 3 niveles:

i. Depuración e intervención de emergencias

ii. Panel de control

iii. WINCC control

c) Sistema de monitoreo

Se colocan una cierta cantidad de puntos de monitoreo y las señales de video se recopilan en una sala de control central para el monitoreo del estado de operación en la línea de producción.

d) Sistema de desodorización.

Para evitar la contaminación del medio ambiente causada por la basura, se utiliza tecnología de tratamiento bioquímico + recolección de presión negativa + desodorización fotoeléctrica para recolectar y purificar el olor del sitio y descargarlo de manera segura.

e) Sistema de tratamiento de lixiviados.

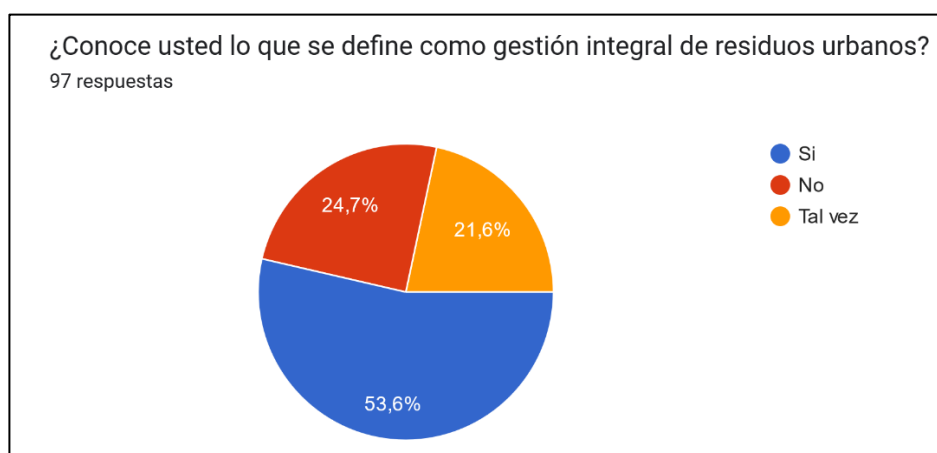
Los procesos más usados para el tratamiento de lixiviado incluyen principalmente las siguientes etapas.

1. Proceso de tratamiento de membrana y tratamiento biológico
2. Proceso de adsorción de membrana completa más proceso de filtración por osmosis inversa DTRO en dos etapas.
3. Separación de agua por compresión de vapor y absorción del gas amoniac.

#### 4.4 Estudio de impacto socio económico

Para el estudio socio económico se realizaron encuestas en la ciudad de Durán, donde las preguntas realizadas y sus respuestas se observan a continuación:

**Figura 12.** Resultado de la pregunta 1 de la encuesta en la población de Durán.



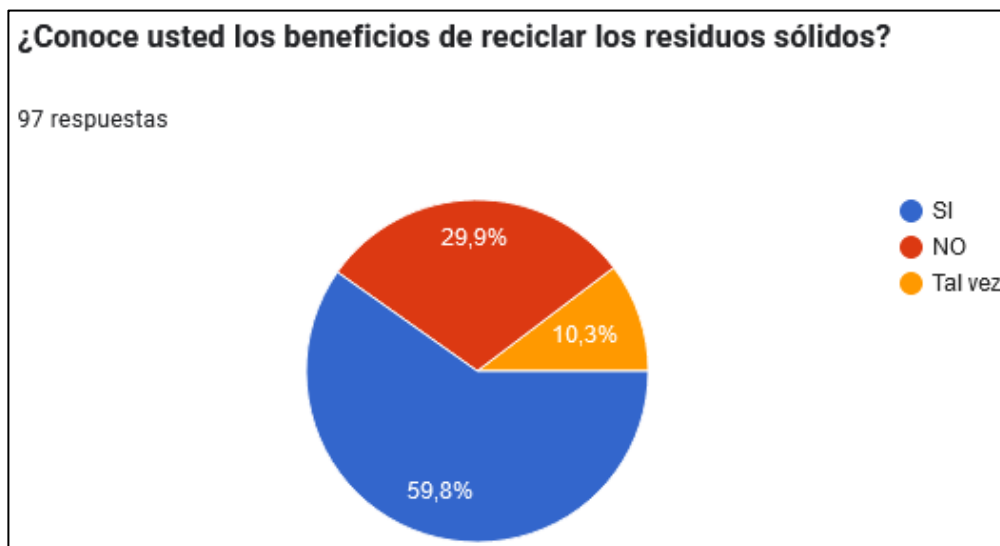
Se obtiene como resultado: el 53% de la población tiene conocimientos sobre la gestión integral de residuos, 24.7% no posee conocimientos, mientras que un 21.6% posee poco conocimiento sobre el tema.

**Figura 13.** Resultado de la pregunta 2 de la encuesta en la población de Durán.



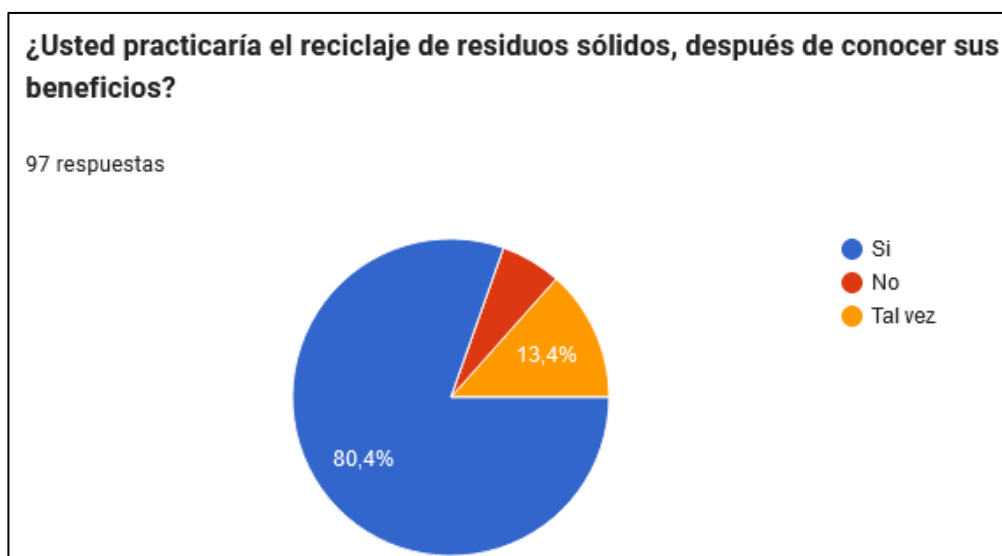
Como resultado se obtiene: el 70.5% de la muestra si tiene conocimientos respecto a que residuos sólidos se puede reciclar, 8.4% posee poco conocimiento, mientras que el 21,1% no posee conocimientos respecto al tema.

**Figura 14.** Resultado de la pregunta 3 de la encuesta en la población de Durán



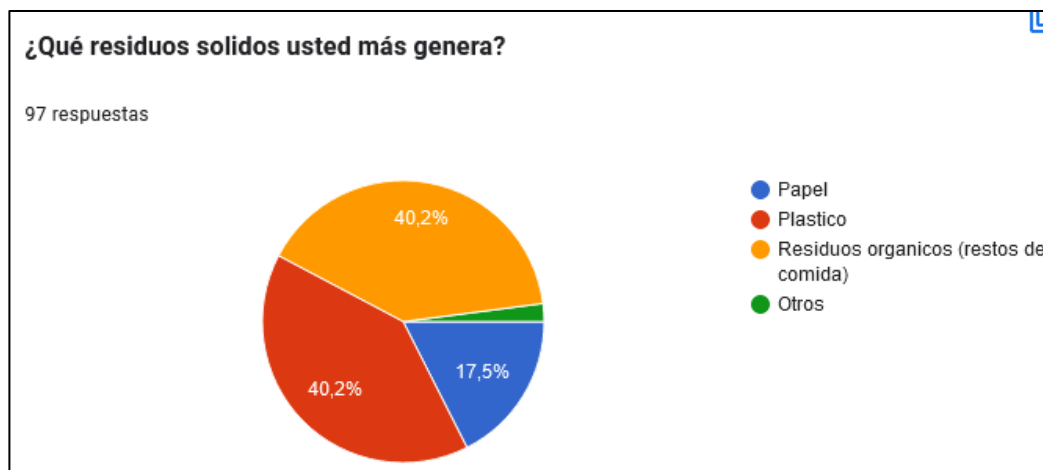
De la encuesta se obtiene como resultado: el 59.8% si conoce los beneficios de reciclar, el 29.9% no conoce los beneficios de reciclar, mientras que el 10.3% posee poco conocimiento

**Figura 15.** Resultado de la pregunta 4 de la encuesta en la población de Durán



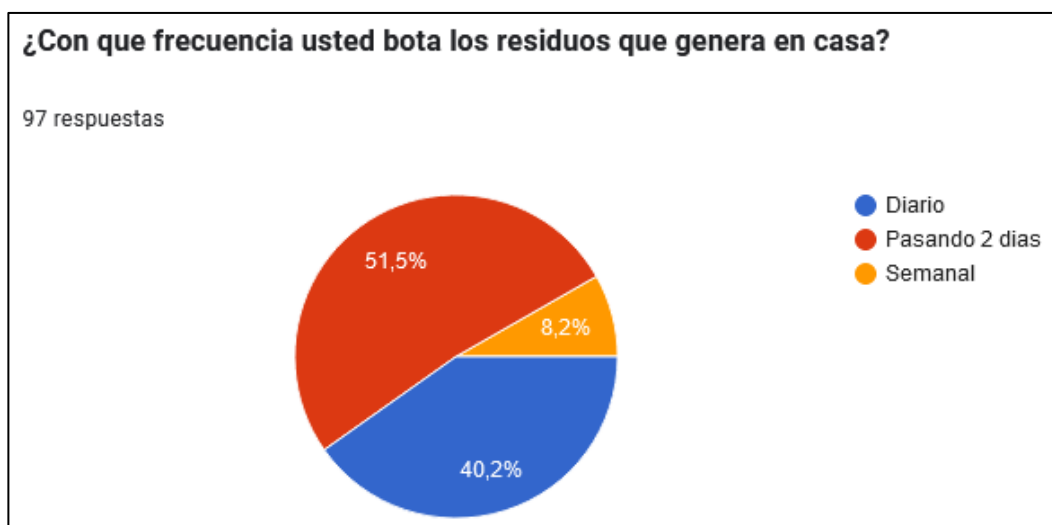
Como resultado se obtiene que si las personas conocieran los beneficios de reciclar: el 80.4% reciclaría sus residuos, un 14.4% tal vez y un 6.2% no lo haría.

**Figura 16.** Resultado de la pregunta 5 de la encuesta en la población de Durán



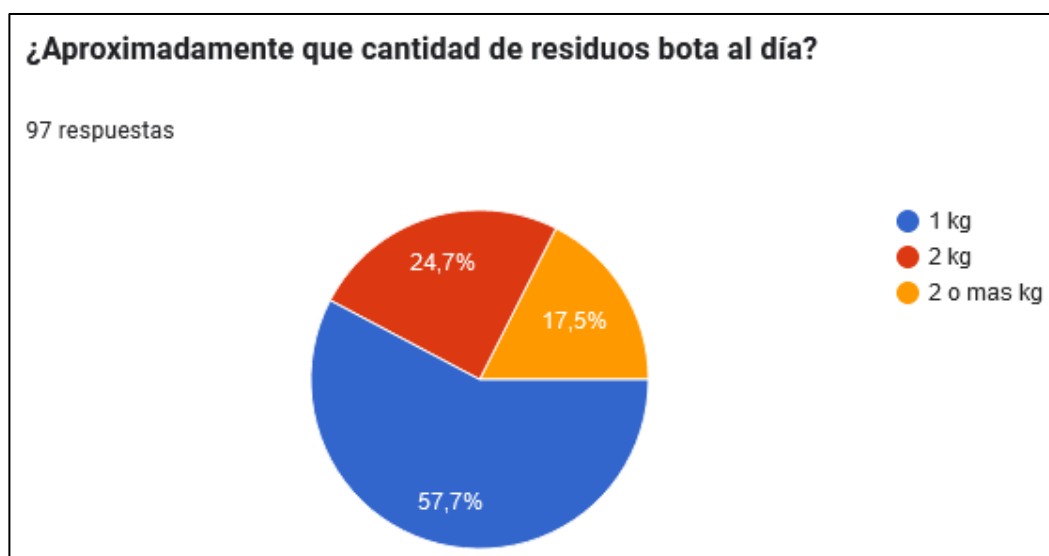
De la pregunta realizada se obtiene un aproximado de los residuos generados por la población como resultado: el 40.2% genera residuos orgánicos, 40.2% residuos plásticos, el 17.5% residuos conformados por papel y el 2.1% de residuos de otras fuentes.

**Figura 17.** Resultado de la pregunta 6 de la encuesta en la población de Durán



Aproximadamente la población de Durán desecha sus residuos: 40.2% diariamente, 51.1% pasando dos días, y el 8.2% cada semana.

**Figura 18.** Resultado de la pregunta 7 de la encuesta en la población de Durán



La cantidad de residuos generados al día por la población de Durán es aproximadamente: 57.7% de 1kg, 24.7% de 2kg y el 17.5% es de 2 o más kg.

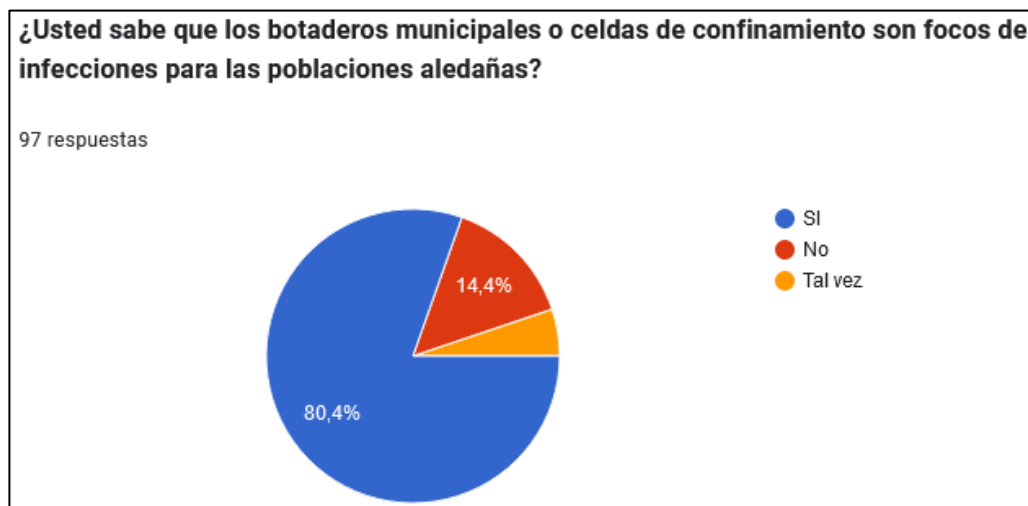


**Figura 19.** Resultado de la pregunta 8 de la encuesta en la población de Durán



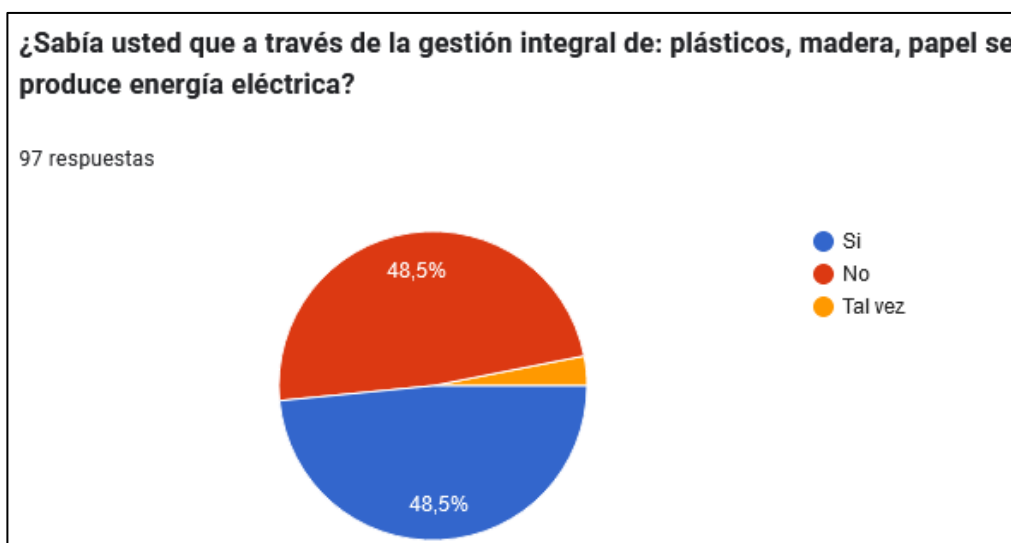
Alrededor de: 55.7% de la población de Durán no tiene conocimientos de donde es la disposición final de sus desechos, el 8.2% posee poco conocimiento, mientras que el 36.1% si posee conocimientos.

**Figura 20.** Resultado de la pregunta 9 de la encuesta en la población de Durán



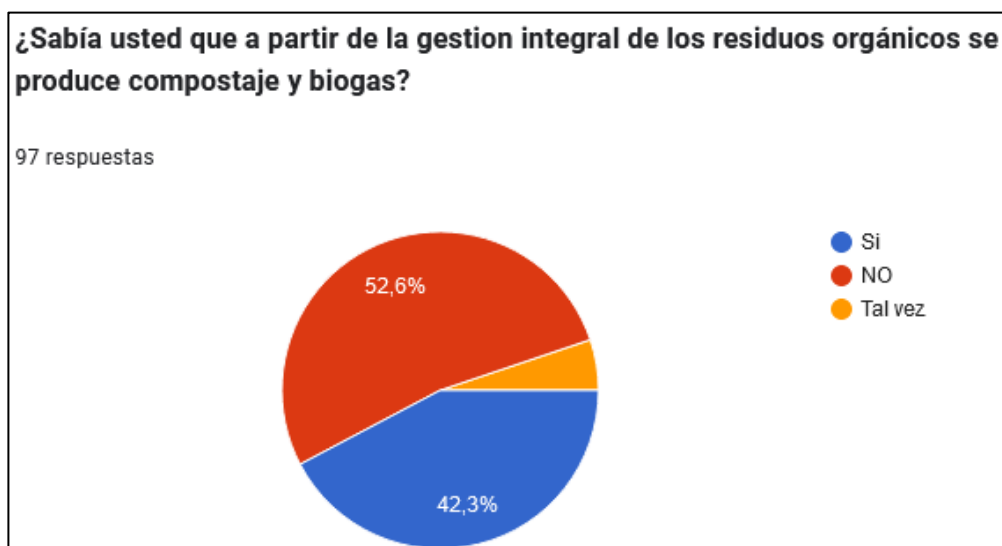
Aunque el 80.4% de la población tiene conocimientos de que: los botadores municipales o celdas de confinamientos son focos de infecciones para la población aledaña, no se implementa aun en la ciudad un sistema de gestión integral de residuos urbanos.

**Figura 21.** Resultado de la pregunta 10 de la encuesta en la población de Durán



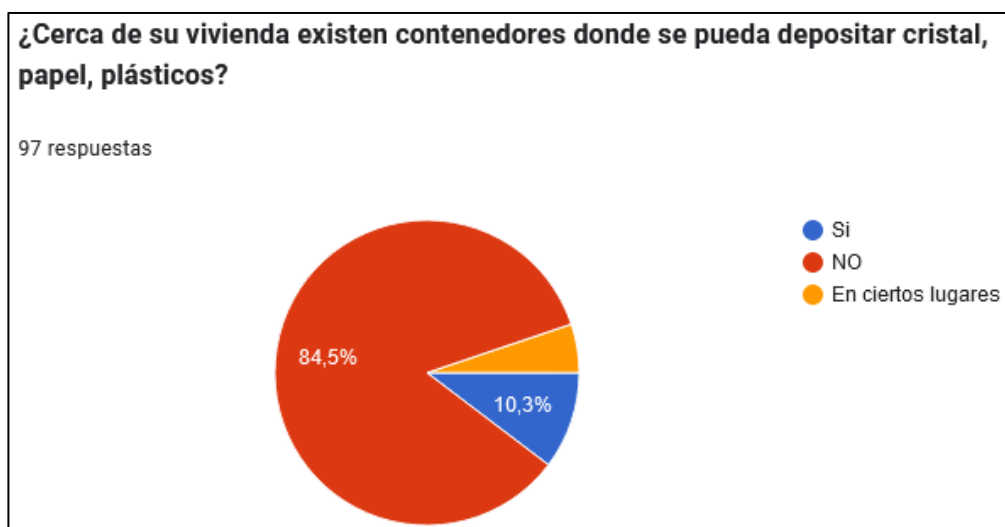
El 48.5% de la población aproximadamente si posee conocimientos de la obtención de energía a partir de la gestión de residuos por plásticos, madera y papel, el otro 48.5% no posee conocimiento, y el restante posee poco conocimiento.

**Figura 22.** Resultado de la pregunta 11 de la encuesta en la población de Durán



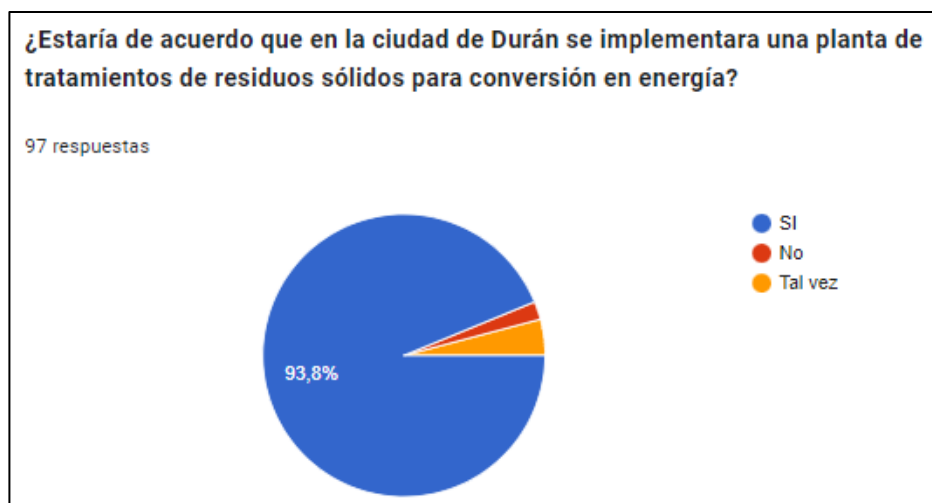
El 52.5% aproximadamente de la población no posee conocimiento de la producción de biogás y biol a partir de residuos orgánicos, el 5.1 posee poco conocimiento, mientras que el 42.3% si posee conocimiento al respecto.

**Figura 23.** Resultado de la pregunta 12 de la encuesta en la población de Durán



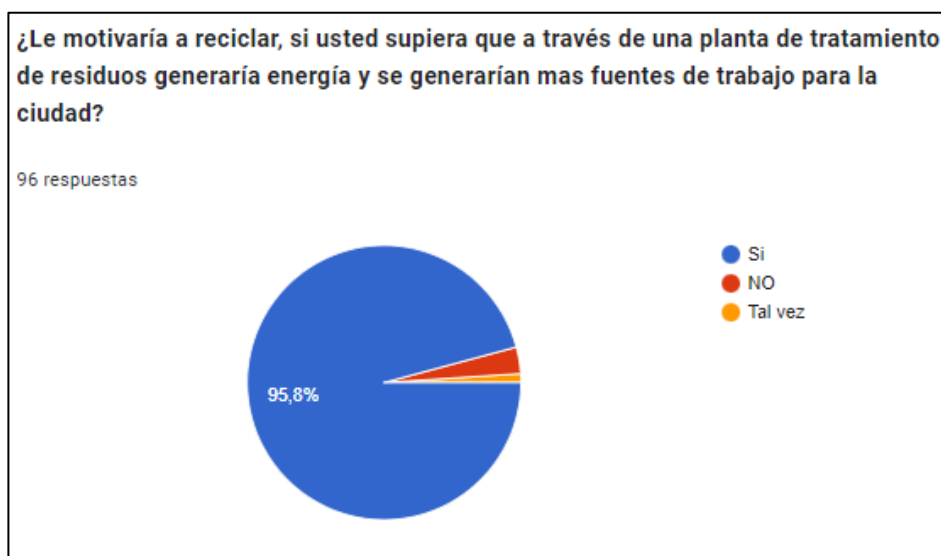
Debido a la poca gestión integral de residuos la población indica que aproximadamente: el 84,5% no posee contenedores municipales donde puedan depositar sus residuos clasificados, el 10,3% si posee contenedores, mientras que el 5,2% indica que solo están presentes en ciertos lugares.

**Figura 24.** Resultado de la pregunta 13 de la encuesta en la población de Durán.



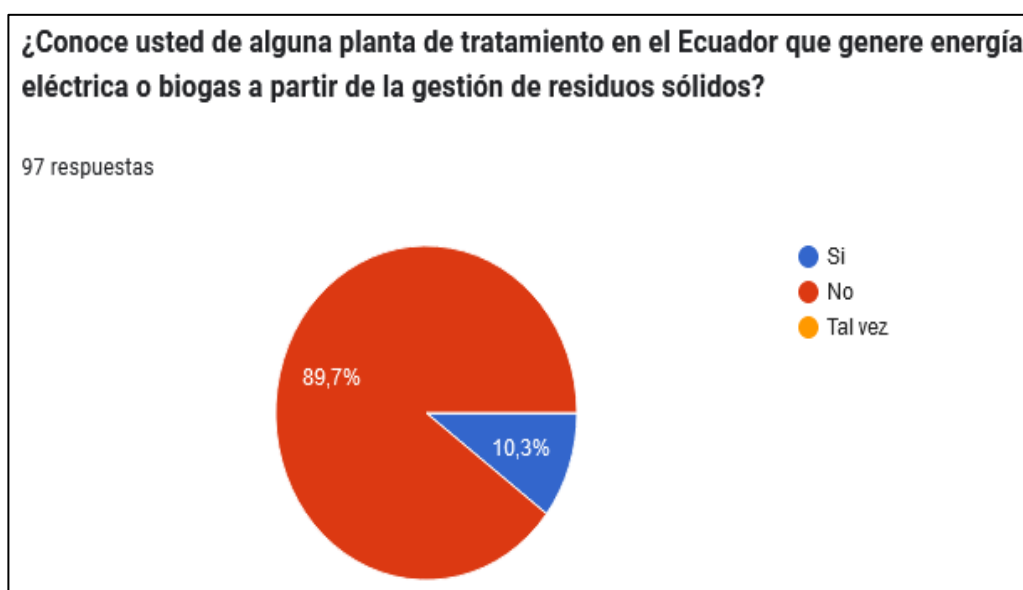
De la encuesta realizada se obtiene que la ciudadanía está de acuerdo en un 93,6% que la ciudad de Durán si tenga una planta para el tratamiento de los residuos urbanos.

**Figura 25.** Resultado de la pregunta 14 de la encuesta en la población de Durán



Al ser un proyecto que generaría fuentes de empleo y se generaría energía eléctrica, como resultado de la encuesta se obtiene que aproximadamente: el 95,8% de la población de Durán si se motivara a reciclar sus residuos, mientras que el porcentaje restante estaría en desacuerdo de la propuesta.

**Figura 26.** Resultado de la pregunta 15 de la encuesta en la población de Durán



Aproximadamente: el 89.7% de la población de Durán no tiene conocimiento de la existencia de una planta de tratamiento de residuos que genere energía de manera sustentable, mientras que el 10.3% si posee conocimientos de la existencia de plantas que realicen estas gestiones de residuos sólidos urbanos.

## **4.5 Análisis del impacto ambiental**

### **4.5.1 Metodología**

En cada caso (operación y producción) se utiliza el método Leopold, desarrollado en la década de los 70 y ampliamente utilizado en América Latina, para evaluar el impacto ambiental de diferentes tipos de proyectos a partir del uso de una matriz causa-efecto interactiva (Leopold, et al., 1971).

La matriz básicamente asocia cada factor ambiental o componente con cada actividad del proyecto, identifica posibles impactos ambientales positivos o negativos y las evalúa, e identifica los componentes potencialmente más afectados y las actividades del proyecto que tendrán mayor impacto, siendo el principal insumo para las medidas ambientales y recomendaciones estructurales para el plan de manejo ambiental.

Debido a que este método posee un alto grado de subjetividad al momento de la evaluación, se aplica una modificada versión de esta, donde se califica el grado de magnitud para la valoración cualitativa de impactos e importancia identificado, mediante la consideración de los siguientes criterios:

- Carácter
- Intensidad
- Extensión

- Duración
- Reversibilidad
- Riesgo

Los criterios antes mencionados y la forma de cálculo de la calificación de los impactos ambientales se describen a continuación.

#### **4.5.1.1. Carácter genérico del impacto o variación de la calidad ambiental**

Se refiere a si el impacto será positivo o negativo con respecto al estado pre-operacional de la actividad (Rodríguez, 2019).

- Positivo (+): Si el componente presenta una mejora con respecto a su estado previo a la ejecución del proyecto.
- Negativo (-): Si el componente presenta deterioro con respecto a su estado previo a la ejecución del proyecto.

#### **4.5.1.2. Intensidad del impacto**

Es el grado con el que se alterará un componente ambiental (Rodríguez, 2019).

- Alta: Alteración muy notoria y extensiva, que puede recuperarse a corto o mediano plazo, siempre y cuando exista una intervención oportuna y profunda del hombre, que puede significar costos elevados.
- Moderada: Alteración notoria, producida por la acción de una actividad determinada, donde el impacto es reducido y puede ser recuperado con una mitigación sencilla y poco costosa.

- Baja: Impactos que con recuperación natural o con una ligera ayuda por parte del hombre, es posible su recuperación.

#### **4.5.1.3. Extensión del impacto**

Hace referencia a la extensión espacial que el efecto tendrá sobre el componente ambiental (Rodríguez, 2019).

- Regional: La región geográfica del proyecto
- Local: Aproximadamente tres kilómetros a partir de la zona donde se realizarán las actividades del proyecto.
- Puntual: En el sitio en el cual se realizarán las actividades y su área de influencia directa.

#### **4.5.1.4. Duración del impacto**

Se refiere a la duración de la acción impactante, no de sus efectos (Rodríguez, 2019).

- Permanente: Cuando la permanencia del efecto continúa aun cuando se haya finalizado la actividad.
- Temporal: Si se presenta mientras se ejecuta la actividad y finaliza al terminar la misma.
- Periódica: Si se presenta en forma intermitente mientras dure la actividad que los provoca.

#### **4.5.1.5. Reversibilidad del impacto**

Implica la posibilidad, dificultad o imposibilidad de que el componente ambiental afectado retorne a su situación inicial, y la capacidad que tiene el ambiente para retornar a una situación de equilibrio dinámico similar a la inicial (Rodríguez, 2019).

- Irrecuperable: Si el elemento ambiental afectado no puede ser recuperado.
- Poco recuperable: Señala un estado intermedio donde la recuperación será dirigida y con ayuda humana.
- Recuperable: Si el elemento ambiental afectado puede volver a un estado similar a la inicial en forma natural.

#### **4.5.1.6. Riesgo del impacto**

Expresa la probabilidad de ocurrencia del impacto (Rodríguez, 2019).

- Alto: Existe la certeza de que el impacto se produzca en forma real.
- Medio: La condición intermedia de duda de que se produzca o no el impacto.
- Bajo: No existe la certeza de que el impacto se produzca, es una probabilidad.



#### 4.5.2 Criterios de valoración de impactos ambientales.

**Tabla 7.** Referencia para la valoración de impactos ambientales

VARIABLE	SIMBOLOGÍA	CARÁCTER	VALOR
<b>Magnitud</b>	<b>M</b>		
		Alta	3
Intensidad	<b>I</b>	Moderada	2
		Baja	1
Extensión	<b>E</b>	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
Duración	<b>D</b>	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódica	1
<b>Importancia</b>	<b>I</b>		
		Irrecuperable	3
Reversibilidad	<b>R</b>	Poco recuperable	2
		Recuperable	1
Riesgo	<b>G</b>	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1
Extensión	<b>E</b>	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1

Fuente: (Rodríguez, 2019)

##### 4.5.2.1. Magnitud de los impactos ambientales

La magnitud de los impactos constituye una valoración del efecto de la acción, por lo que su cálculo se basa en la sumatoria acumulada de los valores de las variables intensidad (i), extensión (e) y duración (d). Para lo anterior se asumen los siguientes valores de peso:

- Peso del criterio de intensidad (i): 0,40
- Peso del criterio de extensión (e): 0,40
- Peso del criterio de duración (d): 0,20

La fórmula utilizada para calcular la magnitud del impacto para cada una de las interacciones ambientales identificadas es (Rodríguez, 2019):

$$M = (0,40i) + (0,40e) + (0,20d)$$

#### 4.5.2.2. Importancia de los impactos ambientales

La importancia es determinada en función de las características del impacto, y se deduce de la sumatoria acumulada de la extensión (e), reversibilidad (r) y riesgo (g). Se asumen los siguientes valores de peso (Rodríguez, 2019):

- Peso del criterio de extensión (e): 0,30
- Peso del criterio de reversibilidad (r): 0,20
- Peso del criterio de riesgo (g): 0,50

La fórmula utilizada para calcular la importancia del impacto para cada una de las interacciones ambientales identificadas es (Rodríguez, 2019):

$$I = (0,30e) + (0,20r) + (0,50g)$$

La interpretación de los resultados obtenidos, de la magnitud e importancia del impacto se valoran de acuerdo con la tabla 8

**Tabla 8.** Escala de valoración de la magnitud e importancia del impacto

ESCALA VALORES ESTIMADOS	VALORACIÓN DEL IMPACTO
1.0 - 1.6	Bajo
1.7 - 2.3	Medio
2.4 - 3.0	Alto

**Fuente:** (Rodríguez, 2019)

Para el desarrollo de la matriz de evaluación de impactos ambientales, se estimó la severidad de los impactos como el nivel de impacto ocasionado sobre el componente ambiental. Dicho valor se obtuvo multiplicando la magnitud por la importancia

calculados anteriormente y expuestos previamente en una matriz de valoración de magnitud e importancia de los impactos.

El resultado del producto magnitud x importancia se comparó con la escala de valores asignados para el efecto que se presenta en la tabla 9

**Tabla 9.** Escala de valoración de la severidad del impacto

<b>ESCALA DE VALORES ESTIMADOS</b>	<b>SEVERIDAD DE IMPACTO</b>
<b>1.0 - 3.0</b>	Leve
<b>3.1 - 6.0</b>	Moderado
<b>6.1 - 9.0</b>	Severo

**Fuente:** (Rodríguez, 2019)

Para una mejor visualización, se aplicaron colores a las calificaciones que constan en la matriz de evaluación de impactos. Los impactos positivos se identifican con color verde claro.

Estos escenarios teóricos y relativos consideran que:

- Si todos los impactos ambientales negativos presentes se encontraran entre -0,3 y -4.0 (total de impactos negativos x -0,7, el proyecto generaría un impacto total leve;
- Si todos los impactos negativos presentes se encontraran entre -3,1 y -6, se tendría un impacto total moderado.
- Si todos los impactos negativos estuvieran entre -1 y -3, el impacto total del proyecto sería Leve.
- Hay valores intermedios entre impacto total Leve y Moderado, así como entre Severo/crítico y Moderado.

Para el cálculo no existen impactos positivos.

Estos escenarios se presentan en la tabla 10 que se expone a continuación:

**Tabla 10.** Escenarios potenciales de matrices de evaluación de impactos ambientales durante la construcción

<i>Carácter</i>	<i>Calificación</i>	<i>Rango</i>
<b>Negativo (-)</b>	Severo/Crítico	-408,7 a -603
	Moderado Alto	-402,1 a -408,6
	Moderado	-207,7 a -402
	Moderado Bajo	-201,1 a -207,6
	Leve	-67 a -201

**Fuente:** (Rodríguez, 2019)

#### **4.5.3 Identificación y evaluación de impactos**

Toda actividad comprende fases de las cuales comprenden características particulares, por lo cual cada etapa genera impactos ambientales propios de la naturaleza de las actividades o situaciones que las componen y distinguen entre sí.

Tomando en cuenta las características del proyecto, así como del entorno sobre el cual éste se implantará, se realizó la identificación, valoración y evaluación de los potenciales impactos ambientales, que se generarían por la actividad de Gestión de la gestión integral de los residuos sólidos Urbanos.

Las primeras partes contiene la identificación de los potenciales impactos ambientales (p. e. modificación de topografía) que generaría el proyecto, indicando las acciones que producirían dichos impactos (p. e. extracción de material de relleno) en función de cada componente ambiental potencialmente afectado (p. e. Geomorfología). Lo expuesto permite conocer cómo y qué afecta específicamente a cada componente ambiental.

#### **4.5.3.1. Descripción de los impactos ambientales**

En el presente acápite se procede a señalar y describir los potenciales impactos ambientales que generaría la etapa operativa.

##### **a) Calidad del aire**

En lo que respecta a la calidad del aire en la zona de implantación de la planta procesadora de residuos, ésta se ve influenciada por las actividades de la gestión integral de residuos sólidos urbanos, generando partículas y/o emisiones a la atmósfera

##### **b) Impactos sobre los niveles de presión sonora**

Los niveles de ruido y vibraciones que se generan se encuentran relacionadas con el uso y la movilización de los camiones recolectores de los residuos sólidos Urbanos.

##### **c) Impactos sobre el suelo**

Durante la ejecución de las actividades se podrían generar derrames accidentales de combustibles, químicos, aceites lubricantes y grasas de equipos y maquinarias.

##### **d) Impactos sobre la Flora y fauna**

El sitio donde se desarrollará las actividades es de uso industrial, ya tiene una alta intervención del ser humano y quedan pocos remanentes de vegetación, de tal manera que el componente flora se encuentra predominado por especie ornamentales o introducidas, y existe muy poca presencia de especies propias de la zona.

#### ***4.5.4 Resultados de la evaluación de impactos ambientales***

La matriz producto de la evaluación cuantitativa, para la etapa de operación predominan los impactos con magnitud e importancia medio (valores entre 1,7 – 2,3), la calificación total en todas sus fases es de: - 46,1.

La matriz de evaluación de impactos presenta 43 impactos para la etapa de operaciones, de las cuales 11 son positivas y 32 negativas. Sin embargo, el 95% de los potenciales impactos negativos están calificados como leves, sin calificarse ningún impacto como Severo/Crítico. Todos los impactos positivos están calificados como leves.

El valor que se obtiene comparando estos posibles escenarios con la calificación obtenida en la matriz (-46,1), se concluye que la actividad se encuentra en el rango entre -67,0 y -201 que corresponde a un proyecto de impacto negativo leve.

Dentro de este panorama general y esta calificación total, es necesario destacar que todos los impactos ambientales deben ser enfrentados con las correspondientes medidas ambientales debido a que se observan las siguientes particularidades:

- Una calificación leve no significa que no existan impactos. Los impactos considerados como “medios” conllevan por lo general molestias y alteraciones. Pese al predominio de impactos negativos moderados o leves, que deben ser objeto de una particular atención, debido al leve de riesgo que conllevan.
- Las actividades que pueden generar los mayores valores de impacto ambiental negativo de este proyecto son: trituración de residuos (-8.7), tratamientos de desperdicios (-10.8) y descargas (-13.0), El resto de las

actividades, generan impactos ambientales acumulados comprendidos entre -0,4 y -3,2.

- Los componentes ambientales más afectados son: calidad de aire (-12), calidad de suelo (-11) y calidad del agua (-10). Este nivel de afectación es producto de la suma de varios impactos leves.
- Los impactos positivos del proyecto se presentan sobre el componente socio económicos y son producto de la acumulación de varios impactos leves generados por cada una de las actividades. El impacto acumulado en este componente es de +6.

#### **4.5.4.1. Caracterización de los Impactos**

Las acciones de la actividad fueron caracterizadas de acuerdo con el tipo de impacto, el tiempo de acción del efecto, el área de influencia de las actividades, y la posibilidad de sus reversibilidad y recuperación de las condiciones naturales.

#### **4.5.4.2. Conclusión**

Se concluye una vez realizada la evaluación de posibles impactos ambientales que la actividad podría generar un impacto ambiental leve y que no generara cambios significativos en el área donde se encuentran sus instalaciones, la cual es un área totalmente intervenida y está declarada un área industrial.

La matriz de evaluación de impactos presenta 43 impactos para la etapa de operación, de los cuales 11 son positivos y 32 negativos. Sin embargo, el 95% de los potenciales impactos negativos están calificados como leves, sin calificarse ningún impacto como Severo/Crítico. Todos los impactos positivos están calificados como leves.

Tabla 11. Matriz cualitativa

				Fase de operación					
				Clasificación de desperdicios			Tratamiento de residuos y obtención de subproductos		
				Clasificación manual y automática	Recepción de materia prima	Trituración de residuos	Lixiviados del proceso	Tratamiento de desperdicios	Descarga
Componente ambiental	Subcomponente ambiental	Factor ambiental	Criterio de Valoración						
Físico	Aire	Control de olores	M	-1,0	-1,0	-1,2	-1,2	-1,6	-1,8
			I	1,0	1,0	1,2	1,3	1,2	1,5
		Emisiones de Co2	M		-1,2	-1,6	-1,2	-1,4	-1,8
			I		1,2	1,7	1,7	1,7	1,7
	Suelo	Calidad del suelo	M	-1,2	-1,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,8
			I	1,0	1,2	1,7	1,2	1,5	1,5
		Generación de polvos	M		-1,2	-1,4	-1,4	-1,4	-1,8
			I		1,0	1,2	1,7	1,5	1,5
	Agua	Calidad	M		-1,2	-1,4	-1,4	-1,6	-1,6
			I		1,0	1,2	1,7	1,7	1,5
		Cantidad	M				-1,4	-1,6	
			I				1,0	1,9	
Biótico	Flora	Cubertura vegetal	M					-1,8	
			I					1,2	
	Fauna	Vectores de enfermedad	M				-1,4	-1,8	
			I				1,2	1,5	
Socio económico	Uso de recursos	Vistas y paisaje	M	-1,2	-1,4				
			I	1,5	1,7				
		Bienestar	M				1,2	1,4	
			I				1,3	1,5	
	Humano	Alteración de la calidad de vida	M				1,2	1,4	
			I				1,7	1,5	
		Empleo o Actividades económicas	M		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
			I		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: (Ponce, 2020)



Tabla 12. Matriz cuantitativa

			Fase de operación						Total, de impactos	Total, de impactos positivos (+)	Total, de impactos negativos (-)	Calificación impactos por componente
			Clasificación de desperdicios			Tratamiento de residuos y obtención de subproductos						
			Clasificación manual y automática	Recepción de materia prima	Trituración de residuos	Lixiviados del proceso	Tratamiento de desperdicios	Descarga				
Componente ambiental	Subcomponente ambiental	Factor ambiental										
Físico	Aire	Control de olores	-1,0	-1,0	-1,4	-1,6	-1,9	-2,7	6	0	6	-10
		Emisiones de Co2		-1,4	-2,7	-2,0	-2,4	-3,1	5	0	5	-12
	Suelo	Calidad del suelo	-1,2	-1,9	-2,4	-1,4	-1,8	-2,7	6	0	6	-11
		Generación de polvos		-1,2	-1,7	-2,4	-2,1	-2,7	5	0	5	-10
	Agua	Calidad		-1,2	-1,7	-2,4	-2,7	-2,4	5	0	5	-10
		Cantidad				-1,4	-3,0		2	0	2	-4
Biótico	Flora	Cobertura Vegetal						-2,2	1	0	1	-2
	Fauna	Vectores de enfermedad					-1,7	-2,7	2	0	2	-4
Socio Económico	Uso de recursos	Vistas y paisaje	1,8	2,4					2	0	2	4
		Bienestar					1,6	2,1	2	0	2	4
	Humano	Alteración de la calidad de vida					2,0	2,1	2	0	2	4
		Empleo o Actividades económicas		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	5	0	5	6
<b>TOTAL IMPACTOS</b>			<b>3</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>43</b>			
<b>TOTAL IMPACTOS POSITIVOS (+)</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>11</b>		
<b>TOTAL IMPACTOS NEGATIVOS (-)</b>			<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>			<b>32</b>	
<b>CALIFICACIÓN TOTAL DE IMPACTOS AMBIENTALES POR ACCIONES</b>			<b>-0,4</b>	<b>-3,2</b>	<b>-8,7</b>	<b>-10,0</b>	<b>-10,8</b>	<b>-13,0</b>				<b>-46,1</b>

Fuente: (Ponce, 2020)

## 4.6 Aspectos económicos y financieros

Para el análisis económico y financiero se tomaron en cuenta los siguientes indicadores en todo el proceso:

**Figura 27.** Valor unitario de ingresos y gastos

INGRESOS POR VENTAS	VALOR UNITARIO	UNIDADES
PRODUCTO PIROLISIS DE LLANTAS DE DESECHO	\$	0.38 \$/KG
PRODUCTO DE RECICLAJE DE PAPEL	\$	0.10 \$/KG
PRODUCTO DE RECICLAJE DE CHATARRA	\$	0.14 \$/KG
PRODUCTO DE RECICLAJE DE VIDRIO	\$	0.08 \$/KG
PRODUCTOS BIOFERTILIZANTES	\$	1.00 \$/KG
PRODUCTO DE RECICLAJE DE PLASTICO	\$	0.17 \$/KG
COSTO DE VENTA DE ELECTRICIDAD	\$	0.09 \$/KW
TARIFA DE DEPOSITO EN VERTEDERO (TIPPING FEE)	\$	15.00 \$/Tn
ELIMINACION DE RESIDUOS PELIGROSOS	\$	40.00 \$/Tn
COSTO	VALOR UNITARIO	UNIDADES
AGUA	\$	0.11 \$/m3
LUZ	\$	0.09 \$/KW
COMBUSTIBLE	\$	3.33 \$/millones de BTU
INTERNET	\$	0.50 \$/mbps
SUELDO BASICO	\$	450.00 \$/mes
AGLUTINANTE DE AMONIO	\$	1.00 \$/Kg
ENCIMAS BIODIGESTORAS	\$	90.00 \$/L

### 4.6.1 Estimación de la inversión

Para el presente estudio de factibilidad, se obtiene el VAN, el TIR y el P.E para su respectiva evaluación financiera y viabilidad económica. Para la inversión inicial al ser un proyecto que se implementará como alianza publico privada, el costo por terreno lo asume la alcaldía de la ciudad, ya que posterior a tiempo de vida, la alcaldía asumirá el 100% del proyecto.

**Figura 28.** Inversión Inicial

INVERSIONES INICIALES PERIODO CERO	
Terrenos	\$ -
Construcciones	\$ 21.075.079.83
Maquinarias	\$ 500.000.00
Subtotal	\$ 21.575.079.83
Capital de trabajo	\$ 355.902.88
<b>Total año 0</b>	<b>\$ 21.930.982.71</b>

#### 4.6.2 Costo de implementación de la planta

Para la implementación de la planta en general, se desglosa el proyecto en las diferentes partes que conforma el proyecto, para de esta manera obtener un valor total.

**Figura 29.** Valor total de los equipos que conforman la planta.

DETALLE	TOTAL1
SISTEMA DE PIROLISIS DE NEUMATICO	\$ 467.949.72
SISTEMA DE PIROLISIS DE MADERA	\$ 562.877.49
SISTEMA DE PAPEL DE DESECHO	\$ 707.372.72
SISTEMA GENERACION ELECTRICA POR BIOGAS	\$13.327.568.82
PLANTA DE CLASIFICACION	\$ 3.339.000.00
TOTAL EN CONSTRUCCION DE EQUIPOS	\$18.404.768.74
	IVA \$ 2.208.572.25
	SUBTOTAL DE CONSTRUCCION \$20.613.340.99
	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD \$ 461.738.84
	TOTAL DE CONSTRUCCION \$21.075.079.83

Fuente: (ZORG BIOGAS, 2019).

#### 4.6.3 Costo de mano de obra directa

Se toma en cuenta los colaborados de todas las áreas que tendrá la planta

**Figura 30.** Costo total por mano de obra.

CARGO	SALARIO	COLABORADORES	COSTO TOTAL MENSUAL	13 SUELDO	14 SUELDO	SUB TOTAL ANUAL	TOTAL ANUAL
<b>EQUIPO DIRECTIVO</b>							
ADMINISTRADOR	\$ 2.000.00	1	\$ 2.223.00	\$ 2.000.00	\$ 450.00	\$ 26.676.00	\$ 29.126.00
JEFE DE CONTABILIDAD	\$ 1.000.00	1	\$ 1.111.50	\$ 1.000.00	\$ 450.00	\$ 13.338.00	\$ 14.788.00
AUXILIAR CONTABLE	\$ 700.00	2	\$ 1.556.10	\$ 1.400.00	\$ 900.00	\$ 18.673.20	\$ 20.973.20
SUPERVISOR DE OPERACIONES	\$ 1.000.00	6	\$ 6.669.00	\$ 6.000.00	\$ 2.700.00	\$ 80.028.00	\$ 88.728.00
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	\$ 1.000.00	4	\$ 4.446.00	\$ 4.000.00	\$ 1.800.00	\$ 53.352.00	\$ 59.152.00
<b>EQUIPO TECNICO</b>							
AUXILIAR DE LIMPIEZA	\$ 450.00	6	\$ 3.001.05	\$ 2.700.00	\$ 2.700.00	\$ 36.012.60	\$ 41.412.60
TECNICO DE MANTENIMIENTO	\$ 850.00	6	\$ 5.668.65	\$ 5.100.00	\$ 2.700.00	\$ 68.023.80	\$ 75.823.80
OPERADORES DE PLANTA	\$ 700.00	64	\$ 49.795.20	\$ 44.800.00	\$ 28.800.00	\$ 597.542.40	\$ 671.142.40
<b>SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b>							
MEDICO SSO	\$ 1.500.00	1	\$ 1.667.25	\$ 1.500.00	\$ 450.00	\$ 20.007.00	\$ 21.957.00
AUXILIAR MEDICO SSO	\$ 800.00	2	\$ 1.778.40	\$ 1.600.00	\$ 900.00	\$ 21.340.80	\$ 23.840.80
TECNICO DE SSO	\$ 1.000.00	1	\$ 1.111.50	\$ 1.000.00	\$ 450.00	\$ 13.338.00	\$ 14.788.00
<b>TOTAL SUELDOS</b>			<b>\$ 79.027.65</b>	<b>\$ 71.100.00</b>	<b>\$ 42.300.00</b>	<b>\$ 948.331.80</b>	<b>\$ 1.061.731.80</b>

#### 4.6.4 Costo fijo anual.

Se toma en cuenta todos los valores que conforman los costos fijos de la planta para realizar sus operaciones.

**Figura 31.** Costo fijo anual.

DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	TOTAL
PERMISO DE FUNCIONAMIENTO	\$ 40.000.00	\$/AÑO	\$ 40.000.00
PAGO DE SUELDO	\$1.061.731.80	\$/AÑO	\$1.061.731.80
CONSUMO DE AGUA (0.33 M3) 27000M3	\$ 8.910.00	\$/AÑO	\$ 8.910.00
CONSUMO DE LUZ (0,18 WH)34523 KWA	\$ 6.214.14	\$/AÑO	\$ 6.214.14
UNIFORMES Y EPP	\$ 12.127.22	\$/AÑO	\$ 12.127.22
CONSUMO DE INTERNET	\$ 4.800.00	\$/AÑO	\$ 4.800.00
PERSONAL DE VIGILANCIA	\$ 30.000.00	\$/AÑO	\$ 30.000.00
GASTO ADMINISTRATIVO	\$ 15.000.00	\$/AÑO	\$ 15.000.00
TRANSPORTE	\$ 100.000.00	\$/AÑO	\$ 100.000.00
INSUMOS MEDICOS	\$ 50.000.00	\$/AÑO	\$ 50.000.00
SEGURO DE LAS INSTALACIONES	\$2.157.507.98	\$/AÑO	\$2.157.507.98
MANTENIMIENTO INSTALACIONES	\$ 431.501.60	\$/AÑO	\$ 431.501.60
SERVICIOS WEB	\$ 25.000.00	\$/AÑO	\$ 25.000.00
SERVICIOS PROFESIONALES	\$ 24.000.00	\$/AÑO	\$ 24.000.00
<b>TOTAL COSTO FIJO ANUAL</b>			<b>\$ 3.966.792.74</b>

#### 4.6.5 Costo variable anual.

Para el análisis del costo variable se toma en cuenta todos los valores que se destinan para la producción en cada etapa del sistema.

**Figura 32.** Análisis del costo variable

	PIROLISIS MADERA		COSTO VARIABLE	PIROLISIS NEUMATICO		COSTO VARIABLE
MANO DE OBRA	4	PERSONAS		4	PERSONAS	
CONSUMO DE AGUA	60	M3/MES	\$ 6.60	60	M3/MES	\$ 6.60
CONSUMO DE LUZ	58440	KW/MES	\$ 5.376.48	17280	KW/MES	\$ 1.589.76
CONSUMO DE GAS	135.951662	millon de BTU/MES	\$ 452.72	120.8459215	millon de BTU/MES	\$ 402.42
MANTENIMIENTO	1	PERSONAS		1	PERSONAS	
COSTO POR MANTENIMIENTO	\$ 400.00	DOLARES/MES	\$ 4.800.00	\$ 850.00	DOLARES/MES	\$ 10.200.00
	COSTO VARIABLE POR SISTEMA		\$ 10.635.80	COSTO VARIABLE TOTAL		\$ 12.198.78
	TRATAMIENTO DE PAPEL		COSTO VARIABLE	CLASIFICACION DE RESIDUOS		COSTO VARIABLE
MANO DE OBRA	4	PERSONAS		50	PERSONAS	
CONSUMO DE AGUA	573.8	M3/MES	\$ 63.12	900	M3/MES	\$ 99.00
CONSUMO DE LUZ	55755	KW/MES	\$ 5.129.46	285060	KW/MES	\$ 26.225.52
CONSUMO DE GAS	747.734139	millon de BTU/MES	\$ 2.489.95	0	millon de BTU/MES	\$ -
MANTENIMIENTO	2	PERSONAS		2	PERSONAS	
COSTO POR MANTENIMIENTO	400	DOLARES/MES	\$ 4.800.00	\$ 800.00	DOLARES/MES	\$ 9.600.00
	COSTO VARIABLE TOTAL		\$ 12.482.53	COSTO VARIABLE TOTAL		\$ 35.924.52
	BIODIGESTOR		COSTO VARIABLE			
MANO DE OBRA	4	PERSONAS		COSTO VARIABLE TOTAL MENSUAL		\$ 92.136.83
CONSUMO DE AGUA	600	M3/MES	\$ 66.00	COSTO VARIABLE TOTAL ANUAL		\$ 1.105.641.93
CONSUMO DE LUZ	58440	KW/MES	\$ 5.376.48			
CONSUMO DE GAS	135.951662	millon de BTU/MES	\$ 452.72			
MANTENIMIENTO	1	PERSONAS				
COSTO POR MANTENIMIENTO	\$ 1.250.00	DOLARES/MES	\$ 15.000.00			
	COSTO VARIABLE TOTAL		\$ 20.895.20			

#### 4.6.6 Presupuesto de ingresos por ventas

Para el presupuesto de ingreso de ventas se toma como referencia los precios oficiales en el país, la cantidad de cada tipo de residuos se aproximó acorde al resultado en la **Figura 16**. Resultado de la pregunta 5 de la encuesta en la población de Durán, además de todos los productos que se pueden obtener por la clasificación de materiales reciclables, la obtención de productos elaborados resultantes de la planta de pirolisis de madera, pirolisis de polímeros, gasificación e incluso la energía eléctrica producida por el biogás obtenido de la planta biodigestora de residuos orgánicos.

**Figura 33.** Precio referencial para materiales reciclables en el Ecuador.

TIPO DE MATERIAL PRECIO PREFERENCIAL *	
	(ctv/kg)
Cartón	\$ 0,11
PET	\$ 0,75
Plástico limpio	\$ 0,17
Papel mixto	\$ 0,10
Papel blanco	\$ 0,18
Papel periódico	\$ 0,02
Chatarra electrónica	\$ 0,09
Chatarra	\$ 0,14
Aluminio	\$ 0,53
Vidrio	\$ 0,08

**Fuente:** (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2018)

**Figura 34.** Presupuesto total por ingreso en ventas.

TONELADAS DE RESIDUOS AL AÑO		93600				
DETALLE	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	UNIDADES	%	TOTAL	% EN VENTAS
PRODUCTO DE PIROLISIS DE LLANTAS DE DESECHO	\$ 150.00	2246.4	Tn/año	4%	\$ 336.960.00	2.36%
PRODUCTO DE PIROLISIS DE LA MADERA	\$ 100.00	2808	Tn/año	5%	\$ 280.800.00	1.97%
PRODUCTO DEL RECICLAJE DE PAPEL	\$ 300.00	6177.6	Tn/año	11%	\$ 1.853.280.00	12.98%
PRODUCTO DE RECICLAJE DE METALES	\$ 300.00	2808	Tn/año	3%	\$ 842.400.00	5.90%
PRODUCTO DE RECICLAJE DE VIDRIO	\$ 120.00	1872	Tn/año	2%	\$ 224.640.00	1.57%
PRODUCTO DE RECICLAJE DE PLASTICO	\$ 250.00	14040	Tn/año	15%	\$ 3.510.000.00	24.59%
VENTA DE BIOFERTILIZANTES	\$ 250.00	14040	Tn/año	15%	\$ 3.510.000.00	24.59%
VENTA DE ELECTRICIDAD PRODUCIDA	\$ 92.00	25000	Kw/Año	30%	\$ 2.300.000.00	16.11%
TIPPING FEE (TARIFA DE DEPOSITO DE BASURA EN VERTEDERO)	\$ 15.00	93132	Tn/año	100%	\$ 1.396.980.00	9.79%
ELIMINACION DE RESIDUOS PELIGROSOS	\$ 40.00	468	Tn/año	1%	\$ 18.720.00	0.13%
<b>TOTAL DE INGRESOS POR AÑO</b>		<b>30420</b>		<b>56%</b>	<b>\$14.273.780.00</b>	<b>100%</b>
<b>TOTAL DE VENTAS POR MES</b>					<b>\$ 1.189.481.67</b>	

#### 4.6.7 Presupuesto capital de trabajo

Se realiza el análisis del capital de trabajo, para poder cubrir las obligaciones de la empresa en corto plazo, y mantener el funcionamiento correcto e independiente de la producción que tenga la empresa

**Figura 35.** Cálculo de capital de trabajo

CAPITAL DE TRABAJO		
	0	20
CAPITAL DE TRABAJO TOTAL ANUAL	\$ 422.702.89	
CAPITAL DE TRABAJO AÑO 0	\$ 422.702.89	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 1	\$ 12.681.09	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 2	\$ 13.061.52	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 3	\$ 13.453.36	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 4	\$ 13.856.97	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 5	\$ 14.272.67	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 6	\$ 14.700.86	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 7	\$ 15.141.88	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 8	\$ 15.596.14	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 9	\$ 16.064.02	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 10	\$ 16.545.94	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 11	\$ 17.042.32	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 12	\$ 17.553.59	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 13	\$ 18.080.20	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 14	\$ 18.622.60	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 15	\$ 19.181.28	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 16	\$ 19.756.72	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 17	\$ 20.349.42	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 18	\$ 20.959.90	
CAPITAL DE TRABAJO INVERTIDO AL AÑO 19	\$ 21.588.70	
CAPITAL DE TRABAJO RECUPERADO AL AÑO 20		\$ 741.212.07

#### 4.6.8 Punto de equilibrio

Para el cálculo del punto de equilibrio se lo determina de dos formas, mediante fórmula y mediante ponderación en venta de cada producto.

- **Punto de equilibrio mediante fórmula**

Para obtener el punto de equilibrio se utiliza la fórmula que se presenta a continuación:

$$P.E.E = \frac{\text{Costos Fijos}}{1 - \left( \frac{\text{Costos variables}}{\text{Ventas Netas}} \right)}$$

**Fuente:** (Marquez, 2020)

**Figura 36.** Obtención del punto de equilibrio desde Excel

CONCEPTO	TOTAL
COSTO FIJO	\$ 330.566.06
COSTO VARIABLE	\$ 92.136.83
VENTAS TOTALES	\$ 1.189.481.67
<b>PUNTO DE EQUILIBRIO</b>	<b>\$ 358.321.52</b>

En términos monetarios para estar en equilibrio mensualmente, se deben generar ingresos por \$358.321.52

- **Punto de equilibrio mediante unidades vendidas**

Para este análisis del punto de equilibrio se toma en cuenta la ponderación de venta de cada producto, el costo variable unitario, y la contribución unitaria de cada producto.

**Figura 37.** Análisis de punto equilibrio por unidad

DETALLE	DERIVADO POLIMEROS	DERIVADO MADERA	DERIVADO PAPEL	DERIVADO METAL	DERIVADO VIDRIO	RECICLAJE PLASTICO	BIO FERTILIZANTES	ELECTRICIDAD
PRECIO	\$ 272.73	\$ 533.33	\$ 100.00	\$ 140.00	\$ 80.00	\$ 170.00	\$ 300.00	\$ 92.00
CVT	\$ 2.848.78	\$ 6.235.80	\$ 8.082.53	\$ 894.44	\$ 1.788.88	\$ 4.472.21	\$ 6.722.60	\$ 6.722.60
VENTAS (MES)	144	180	756	180	360	900	1170	2880
<b>VENTAS TOTALES</b>	<b>6570</b>							
PONDERACION EN VENTA	2.19%	2.74%	11.51%	2.74%	5.48%	13.70%	17.81%	43.84%
CVU	\$ 19.78	\$ 34.64	\$ 10.69	\$ 4.97	\$ 4.97	\$ 4.97	\$ 5.75	\$ 4.67
CONTRIBUCION UNITARIA	\$ 252.94	\$ 498.69	\$ 89.31	\$ 135.03	\$ 75.03	\$ 165.03	\$ 294.25	\$ 87.33
PONDERACION CONTRIBUCION	\$ 5.54	\$ 13.66	\$ 10.28	\$ 3.70	\$ 4.11	\$ 22.61	\$ 52.40	\$ 38.28
CUPP	\$ 150.58							
<b>COSTO FIJO TOTAL</b>	<b>\$330.566.06</b>							
<b>PE TONELADAS</b>	<b>2195.21</b>							
<b>PE POR PRODUCTO</b>	<b>48.11</b>	<b>60.14</b>	<b>252.60</b>	<b>60.14</b>	<b>120.29</b>	<b>300.71</b>	<b>390.93</b>	<b>962.29</b>
<b>PE POR PRODUCTO \$</b>	<b>\$ 13.122.08</b>	<b>\$32.076.20</b>	<b>\$25.260.01</b>	<b>\$ 8.420.00</b>	<b>\$ 9.622.86</b>	<b>\$51.121.45</b>	<b>\$117.278.61</b>	<b>\$ 88.530.31</b>
<b>PE EN DOLARES</b>	<b>\$345.431.52</b>							

Mediante este análisis por ponderación se determina que para poder cumplir con el punto de equilibrio, se debe generar por ventas: 48.11 Tn de producto de la pirolisis de polímeros, 60.14 Tn de producto proveniente de la pirolisis de madera, 252.6 Tn de producto proveniente de la reutilización de papel reciclado, 60.14 de Tn proveniente del reciclaje de chatarra, 120.29 Tn proveniente de vidrio, 300.71 Tn de plástico reciclado,



390.93 Tn de biofertilizantes y 962.29 Mw de energía eléctrica al mes, para el análisis no se toma en cuenta los ingresos por tipping free y por destrucción de residuos peligrosos, ya que esos son ingresos directos por la gestión de residuos urbanos y cierre de vertederos.

#### 4.7 Evaluación financiera, social y estudio ambiental.

##### 4.7.1 Evaluación financiera: VAN y TIR

Para el análisis financiera se realizan dos escenarios, el primero donde se cubre la inversión total por crédito bancario con una tasa de 12.5% anual, y para el segundo caso, donde se cubre el 100% de la inversión con aporte del inversionista con un costo del 15%.

##### 4.7.1.1 Cálculo del costo promedio ponderado del capital.

Para el cálculo del costo del promedio ponderado del capital se empleó la fórmula siguiente, para el análisis de los dos casos presentes.

$$WACC = K_e * E / (E + D) + K_d (1 - t) * D / (E + D)$$

**Fuente:** (Empresa Actual, 2019)

- 1 caso.

**Figura 38.** Cálculo del WACC del primer caso.

	COSTO	US\$	%	WACC Valor	WACC
BANCO A	0.00%	\$ -	0.00%	0.00	0.00%
FONDOS PROPIOS	15.00%	\$ 21.997.782.72	100.00%	3.299.667.41	15.00%
<b>Total Capital Invertido</b>	<b>15%</b>	<b>\$ 21.997.782.72</b>	<b>100.0%</b>	<b>3.299.667.41</b>	<b>15.000%</b>
ESCENARIO 1, i=15%					
EL INVERSOR CUBRE EL 100% DEL PROYECTO					

- 2 caso.

**Figura 39.** Cálculo del WACC para el segundo caso.

	COSTO	US\$	%	WACC Valor	WACC
BANCO A	12.5%	21.997.782.72	100.0%	2.749.722.84	10.94%
FONDOS PROPIOS	0%	0.00	0.0%	0.00	0.00%
<b>Total Capital Invertido</b>	<b>12.5%</b>	<b>21.997.782.72</b>	<b>100.0%</b>	<b>2.749.722.84</b>	<b>10.938%</b>
ESCENARIO 2, i=10.98%					
SE CUBRE EL PROYECTO AL 100% CON CREDITO BANCARIO					

Para el análisis financiero se toma ambos valores como costo del promedio ponderado del capital para obtener un análisis

#### 4.7.1.2 Análisis del TIR y VAN.

Se realiza el flujo de caja general que se puede observar en el **Anexo 7.11** para la obtención del TIR y VAN.

**Figura 40.** Obtenciones del TIR y VAN del escenario 1

ESCENARIO 1			
TASA	15%		
VAN	\$31.021.648.58		
TASA INTERNA DE RETORNO	34.78%		
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN - PAY BACK	4.91	4 AÑOS	9MESES
<b>EL INVERSOR CUBRE EL 100% DEL PROYECTO</b>			

**Figura 41.** Obtención del TIR y VAN del escenario 2

ESCENARIO 2			
TASA	10.94%		
VAN	\$25.602.494.27		
TASA INTERNA DE RETORNO	19.98%		
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN - PAY BACK	11.31	10 AÑOS	9MESES
<b>SE CUBRE EL PROYECTO AL 100% CON CREDITO BANCARIO</b>			

El payback para el escenario 1 donde el inversionista cubre al 100% de la inversión es inferior al escenario 2 donde se cubre al 100% mediante préstamo bancario, debido a que no se tiene la obligación de cubrir la amortización por el préstamo bancario dentro de los 10 primeros años del proyecto, teniendo en cuenta un 15% de tasa impuesta por el inversionista, dando como resultado una TIR: 34,78% para un VAN: \$31.021.648,58, aunque siempre es más recomendable que el GAD invierta, para que las utilidades del proyecto sean para reinversión en la ciudad.

#### ***4.7.1.3 Comparación con otros métodos de obtención de biogás en el país.***

En Quito la empresa EMGIRS con sus instalaciones desde el 2016 en el relleno sanitario El Inga produce 1.189,709 mmBTU/año, con una inversión de \$7'000,000.00. (EMGIRS, 2021)

En Guayaquil el municipio posee instalación de planta de biogás desde el 2019 en el relleno sanitario las iguanas con una inversión de 4'000,000.00 con una producción de 2.790,181 mmBTU/año. (EL UNIVERSO, 2021)

En Cuenca la EMAC-EP obtiene biogás desde el 2012 en el relleno sanitario ubicado en Pichacay, con una producción de 160 kwh/mes, con una inversión de 3'834.659,98 (EMAC-EP, 2017).

Loja clasifica los residuos desde los domicilios, los residuos inorgánicos van a la planta de reciclaje para clasificarlos y comercializarlos, los residuos orgánicos van a la planta de lombricultura (Díaz, 2018).

El estudio propuesto integra las etapas de clasificación, y producción de subproductos, lo cual lo diferencia de las otras empresas en el país que solo obtienen biogás de rellenos sanitarios o envían los residuos a plantas externas para ser tratados y comercializados.

## CONCLUSIONES

- Se ofrece el estudio a la población de Durán que permita gestionar íntegramente los desechos sólidos producidos cada día en la ciudad de manera factible y sustentable económicamente, en el análisis ambiental se obtiene un análisis del proyecto: (-) 46,1, teniendo un impacto leve para el medio ambiente, en el estudio socioeconómico se obtuvo que aproximadamente más del 95% estaría de acuerdo con la implementación de una planta que gestione los residuos sólidos urbanos, reduciendo el uso de rellenos sanitario y botaderos a cielo abierto.
- Se propone la producción de 25000 Kw/año de energía eléctrica a partir de los desechos municipales.
- Se propone un ahorro económico aproximado de \$3'000.000,00 por importación de productos agroquímicos y fertilizantes, además de los gastos generados por construir celdas o rellenos sanitarios.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la puesta en marcha del proyecto, ya que el estudio determina la factibilidad del proyecto.
- Se recomienda potenciar estos tipos de proyectos frente a las otras fuentes de energía renovables, ya que mediante este proceso se produce energía y se reduce el uso de rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto.
- Se recomienda gestionar íntegramente los residuos urbanos ya que se aporta de gran forma a la reducción en emisión por gases de efecto invernadero, se genera ingresos por producción de energía térmica y eléctrica, además de la venta de subproductos generados por la clasificación de los residuos y su tratamiento, además que se produce biofertilizantes de manera sustentable.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua, M. del A. y. (2020). Ecuador impulsa la gestión adecuada de residuos orgánicos en las ciudades. Ministerio Del Ambiente y Agua, 3–5.  
<https://www.ambiente.gob.ec>
- Aguilar, S. (2020). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>.  
 Salud En Tabasco, 11.
- Aguilar, Barojas. (2020). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud En Tabasco, 11(1–2).
- Ambiente, M. del. (2020). Protocolo para el manejo de residuos sólidos durante la emergencia sanitaria por covid-19 y el Estado de Emergencia nacional. Minsa.
- Barboza, Ó. (2019). Calentamiento Global: “La Máxima Expresión de la Civilización Petro fósil.” Cesla, 16.
- Benato, A., & Macor, A. (2019). Italian biogás plants: Trend, subsidies, cost, biogás composition and engine emissions. *Energies*, 12(6).  
<https://doi.org/10.3390/en12060979>
- CANAPEP. (2017). Bioeconomía para aprovechar desechos orgánicos. 3.
- Cando Christian. (2020). Boletín técnico Gestión de Residuos Sólidos. In Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Coelho, F. (2020). Metodología de la investigación. Significados.Com, September.
- del Rocío, C., & Ruíz, E. (2017). Metodología para determinar la factibilidad de un proyecto. In Revista (Issue 13).
- Delgado Victore, R., & Vérez García, M. A. (2016). El estudio de factibilidad en la gestión de los proyectos de inversiones. *Activos*, 13(24).  
<https://doi.org/10.15332/s0124-5805.2015.0024.05>
- Fula, K. , & Ayala, C. (2018). Calentamiento global: Más que un tema de moda. *Impacto Ambiental*, 13–22.
- Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y su Impacto Medioambiental. (2020). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 2, 993–1008.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v4i2.135](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.135)
- Gran Castro, J. A., & Bernache Pérez, G. (2019). Gestión de residuos sólidos urbanos, capacidades del gobierno municipal y derechos ambientales. *Sociedad y Ambiente*, 9. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i9.1634>
- Guerra, Martínez, F. (2021). Cambio climático, calentamiento global y efecto invernadero, ¿cuál es cuál? *Ciencia*, 72(2).
- INEC. (2010). ¿Cómo crecerá la población del Ecuador? Inec.
- Martínez, S., Numpaque, H., & Alvarado Moreno, J. D. (2016). Efecto de la Temperatura en la Producción de Biogás en un Biorreactor tipo Batch a través de la Descomposición Anaeróbica de Residuos Sólidos Orgánicos. *ENGI Revista Electrónica de La Facultad de Ingeniería*, 3(1).
- MINAM. (2019). Meta 03: Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos. In Programa de Incentivos a la mejora de la gestión municipal.

- Ministerio del Ambiente. (2018). Programa 'PNGIDS' Ecuador – Ministerio del Ambiente y Agua. Programa PNGIDS Ecuador.
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2020). Ecuador impulsa la gestión adecuada de residuos orgánicos en las ciudades – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Boletín N° 117 MAATE. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-impulsa-la-gestion-adecuada-de-residuos-organicos-en-las-ciudades/>
- Onrubia Andaluz, J. (2020). Análisis de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en Andalucía, España y Europa. Universidad de Sevilla.
- Palacios, Gordillo. (2017). Reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos urbanos-industriales en Ecuador. In Universidad de las Américas (Vol. 102, Issue 4).
- Pinos Flores, J., Puig Ventosa, I., Banegas, F., Quezada, F., Delgado, G., Orellana, N., Saquisilí, S., Quindi, T., & Chacón, G. (2018). Instrumentos económicos para la gestión de residuos de envases en Ecuador. *Ciencia Digital*, 2(2).  
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i2.77>
- Reciclaje para el desarrollo de cultura ambiental en estudiantes del CEBE. (2021). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 13983–14006.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i6.1370](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1370)
- Recio Colmenares, R. B., & Gurubel Tún, K. J. (2019). Modelado neuronal de un proceso de digestión aeróbica de aguas residuales. *BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS*, 16(1).  
<https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2018.3204>
- Valarezo, S., Delgado, R., & Antonia, M. (2016). Estudio de factibilidad en el sistema de dirección por proyectos de inversión. *Ingeniería Industrial*, XXXVII(1815–5936).
- Winquist, E., Rikkonen, P., Pyysiäinen, J., & Varho, V. (2019). Is biogás an energy or a sustainability product? - Business opportunities in the Finnish biogás branch. *Journal of Cleaner Production*, 233. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.181>
- Acciona. (2023). Energías renovables. Obtenido de:  
[https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=02021864894)
- BESTON. (2019). reciclaje para la vida mejor. Zhengzhou: BESTON GROUP CO. Ltda.
- Bourne. (2022). La crisis alimentaria mundial se agrava con el tambaleo del suministro de fertilizantes. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2022/05/la-crisis-alimentaria-mundial-se-agrava-con-el-tambaleo-del-suministro-de-fertilizantes>
- Díaz, Y. (2018). Se fortalece sistema de clasificación de residuos. Obtenido de <https://www.loja.gob.ec/noticia/2018-02/se-fortalece-sistema-de-clasificacion-de-residuos>
- DRETSE. (2021). Actualización del análisis y determinación del costo del servicio público de energía eléctrica. Quito: CTRCE.
- EL UNIVERSO. (2021). Relleno sanitario las iguanas producira biogás. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/en-el-relleno-sanitario-las-iguanas-en-el-noroeste-de-guayaquil-se-inauguro-proyecto-de-captura-y-quema-de-biogas-nota/>
- El Universo. (2023). Suben a 31 los casos de leptospirosis en la Zona 8; en Guayaquil ya se intervienen seis sectores.

- EMAC-EP. (2017). Planta de Aprovechamiento de Biogás producirá energía para 7.300 familias. Obtenido de <https://www.cuenca.gob.ec/content/planta-de-aprovechamiento-de-biog%C3%A1s-producir%C3%A1-energ%C3%ADa-para-7300-familias>
- EMGIRS. (2021). Gestión de residuos. Obtenido de <https://www.emgirs.gob.ec/index.php/zentools-2/objetivos-estrategicos/45-travels-3/265-quito-genera-energia-electrica-con-el-biogas-de-su-basura>
- Empresa Actual. (2019). Qué es el WACC y para qué sirve. Obtenido de <https://www.empresaactual.com/el-wacc/>
- FAO. (2018). Agricultura mundial. Obtenido de <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s03.htm>
- GAMMAKAT Logystic. (2023). Aprovechamiento y valorización de todo tipo de residuos. Obtenido de [www.gammakat.com](http://www.gammakat.com)
- Geographic, N. (2023). ¿Qué es el calentamiento global? Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-calentamiento-global>
- Gordillo, Z. (2020). Diseño de factibilidad de ampliación y rehabilitación, en áreas inundables, del actual relleno sanitario de Durán. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51533>
- IATP, G. I. (2021). Nueva investigación demuestra que para enfrentar la crisis climática, debemos erradicar los fertilizantes químicos tras 50 años de uso desenfrenado. Obtenido de <https://www.biodiversidadla.org/Recomendamos/Nueva-investigacion-demuestra-que-para-enfrentar-la-crisis-climatica-debemos-erradicar-los-fertilizantes-quimicos-tras-50-anos-de-uso-desenfrenado>
- Leopold, et al. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey, 13. Obtenido de <https://pubs.er.usgs.gov/publication/cir645>
- Marquez, M. (2020). Cómo obtener el punto de equilibrio. Obtenido de <https://contadorcontado.com/2015/01/23/como-obtener-el-punto-de-equilibrio/>
- Medina, B. y. (2010). Estimación de la densidad poblacional del Ecuador continental. Analitika.
- Mercurio, E. (2022). Estiaje y Electricidad.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). Agricultores pagarán el 50 % del costo comercial del saco de urea. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/agricultores-pagaran-el-50-del-costo-comercial-del-saco-de-urea/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). Agricultores pagarán el 50 % del costo comercial del saco de urea. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/agricultores-pagaran-el-50-del-costo-comercial-del-saco-de-urea/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). El Biol, alternativa orgánica para nutrir y desarrollar los cultivos. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/el-biol-alternativa-organica-para-nutrir-y-desarrollar-los-cultivos/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). Reporte de precios de Agroquímicos. Obtenido de [http://sinagap.mag.gob.ec/sina/PaginasCGSIN/Rep\\_Precios\\_Insumos\\_Agropecuarios.aspx](http://sinagap.mag.gob.ec/sina/PaginasCGSIN/Rep_Precios_Insumos_Agropecuarios.aspx)
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES. Obtenido de

- <https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- Ministerio de energía y minas. (2021). La demanda eléctrica del Ecuador aumentó en un 8,13%. Obtenido de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/la-demanda-electrica-del-ecuador-aumento-en-un-813/>
- Ministerio de energías y minas. (2021). La demanda eléctrica del Ecuador aumentó en un 8,13%. Quito - Ecuador.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2018). Precios de mercado referenciales para materiales reciclables. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/precios-de-mercado-referenciales-para-materiales-reciclables/>
- Neves, F. (2022). Fertilizantes químicos: ventajas y desventajas. Obtenido de <https://bloglatam.jacto.com/fertilizantes-quimicos/>
- Nieto, N. (25 de Junio de 2018). Tipos de Investigación. Obtenido de <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>
- Páez, V. G. (2020). MANUAL DE BIOGÁS. Buenos Aires.
- Paez, V. G. (2022). Manual de biogás . Buenos Aires: Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático.
- Palma, J. (15 de 03 de 2023). El basural que ‘engorda’ al pie del relleno sanitario de Durán. Expreso.
- PETROENERGIA. (2021). Gobierno inicia proceso de licitación para proyectos eléctricos. PETROENERGIA PETROLEOS MINAS SECTOR ELECTRICO, 1.
- Plusvalia. (2022). ¡Gran Terreno Vía Durán - Yaguachi! Obtenido de <https://www.plusvalia.com/propiedades/-gran-terreno-via-duran-yaguachi!-60546711.html>
- Ponce, V. M. (2020). La matriz de Leopold para la evaluación del impacto ambiental . Obtenido de [https://ponce.sdsu.edu/la\\_matriz\\_de\\_leopold.html](https://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html)
- Portalfrutícola. (2023). Elaboración y usos del BIOL un abono natural en la agricultura sostenible. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/09/29/elaboracion-y-usos-del-biol-un-abono-natural-en-la-agricultura-sostenible/>
- Primicias. (2022). Ecuador importa más fertilizantes de Chile y Estados Unidos. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/importacion-fertilizantes-chile-estados-unidos-ecuador/>
- Redagícola. (2022). Crece preocupación entre productores por escasez y altos precios de la urea. Obtenido de <https://www.redagricola.com/pe/crece-preocupacion-entre-productores-por-escasez-y-altos-precios-de-la-urea/>
- Rodríguez. (2019). Environmental impact of the UEB of Cereals Frank País García of Santiago de Cuba. SciELO Analytics, 5.
- Tecamgroup. (2022). Obtenido de <https://tecamgroup.com/es/valorizacion-de-residuos/pirolisis/>
- Vélez, M. (2020). Categorización ambiental nacional de proyectos, obras o actividades. Obtenido de <https://www.legalecuador.com/es/publicaciones/categorizacion-ambiental-nacional-de-proyectos-obras-o-actividades>
- ZORG BIOGAS. (2019). Catalogue. Obtenido de <https://zorg-biogas.com/equipment>
- Zorg Biogás. (2021). Information about biogas plants. Obtenido de <https://zorg-biogas.com/about-zorg/portfolio>
- Zorg Biogás. (2023). References. Obtenido de <https://zorg-biogas.com/about-zorg/portfolio?object=36>



## 6 ANEXOS

### 6.1 Cálculo de la inversión en equipos.

DETALLE	TOTAL
SISTEMA DE PIROLISIS DE NEUMATICO	\$ 467.949.72
SISTEMA DE PIROLISIS DE MADERA	\$ 562.877.49
SISTEMA DE PAPEL DE DESECHO	\$ 707.372.72
SISTEMA GENERACION ELECTRICA POR BIOGAS	\$ 13.327.568.82
PLANTA DE CLASIFICACION	\$ 3.339.000.00
TOTAL EN CONSTRUCCION DE EQUIPOS	\$ 18.404.768.74
IVA	\$ 2.208.572.25
SUBTOTAL DE CONSTRUCCION	\$ 20.613.340.99
ESTUDIOS	\$ 461.738.84
TOTAL DE CONSTRUCCION	\$ 21.075.079.83
INTERES ANUAL CREDITO (12.5%)	\$ 2.634.384.98
TOTAL DE INTERES POR LOS 10 AÑOS	\$ 26.343.849.78
DEUDA TOTAL POR CREDITO	\$ 47.418.929.61
AMORTIZACION ANUAL POR 10 AÑOS	\$ -4.741.892.96

### 6.2 Cálculo del costo del sistema de biodigestión

SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA POR BIOGAS	TOTAL
CUARTO DE AUTOMATIZACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA	\$ 1.484.000.00
BIOGAS BLOWER	\$ 1.439.480.00
BIOGAS DRYERS	\$ 81.620.00
BIOMETHANE UPGRADE	\$ 20.241.76
CHEMICALS	\$ 29.680.00
FLARES	\$ 32.648.00
GAS ANALYZER	\$ 55.650.00
GENERATOR	\$ 934.920.00
GRINDERS	\$ 272.462.40
HEAT EXCHANGES	\$ 96.460.00
POWER UNIT	\$ 1.484.000.00
HYDROCYCLONES	\$ 136.528.00
LABORATORY	\$ 252.280.00
MIXERS	\$ 71.232.00
PUMPS	\$ 296.800.00
REACTOR	\$ 1.439.480.00
SEPARATORS	\$ 179.564.00
SERVICES	\$ 57.876.00
SILAGE STORE	\$ 2.077.600.00
SOLID FEEDERS	\$ 426.353.20
SULPHUR REMOVAL	\$ 66.780.00
TRANSP METHANO	\$ 1.038.800.00
<b>TOTAL SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA POR BIOGAS</b>	<b>\$ 11.974.455.36</b>

### 6.3 Cálculo de depreciación del año 1 al 5

ACTIVOS	1	2	3	4	5
CONSTRUCCIONES	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99
MAQUINARIA	\$50.000.00	\$50.000.00	\$50.000.00	\$50.000.00	\$50.000.00
MAQUINARIA REEMPLAZO					
TOTAL	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99

### 6.4 Cálculo de depreciación del año 6 al 10

ACTIVOS	AÑOS				
	6	7	8	9	10
CONSTRUCCIONES	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99
MAQUINARIA	\$50.000.00				
MAQUINARIA REEMPLAZO		\$63.265.95	\$63.265.95	\$63.265.95	\$63.265.95
TOTAL	\$1.103.753.99	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94

### 6.5 Cálculo de depreciación del año 11 al 15

ACTIVOS	11	12	13	14	15
CONSTRUCCIONES	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99
MAQUINARIA			\$63.265.95	\$63.265.95	\$63.265.95
MAQUINARIA REEMPLAZO	\$63.265.95	\$63.265.95			
TOTAL	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94

### 6.6 Cálculo de depreciación del año 16 al 20

ACTIVOS	16	17	18	19	20
CONSTRUCCIONES	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99	\$1.053.753.99
MAQUINARIA	\$63.265.95	\$63.265.95	\$63.265.95		
MAQUINARIA REEMPLAZO				\$63.265.95	\$63.265.95
TOTAL	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94

### 6.7 Cálculo de ingresos y costos del año 1 al año 5

	1	2	3	4	5
INGRESOS POR VENTAS	\$14.273.780.00	\$14.701.993.40	\$15.143.053.20	\$15.597.344.80	\$16.065.265.14
INGRESOS POR VENTA DE ACTIVO (AÑO 6)					
TOTAL	\$14.273.780.00	\$14.701.993.40	\$15.143.053.20	\$15.597.344.80	\$16.065.265.14
	1	2	3	4	5
COSTOS VARIABLES TOTALES	\$1.105.641.93	\$1.138.811.19	\$1.172.975.53	\$1.208.164.79	\$1.244.409.74
COSTOS FIJOS TOTALES	\$3.966.792.74	\$4.085.796.52	\$4.208.370.41	\$4.334.621.53	\$4.464.660.17
COSTOS TOTALES	\$5.072.434.67	\$5.224.607.71	\$5.381.345.94	\$5.542.786.32	\$5.709.069.91

### 6.8 Cálculo de ingresos y costos del año 6 al 10

	6	7	8	9	10
INGRESOS POR VENTAS	\$16.547.223.10	\$17.043.639.79	\$17.554.948.98	\$18.081.597.45	\$18.624.045.38
INGRESOS POR VENTA DE ACTIVO (AÑO 6)	\$250.000.00				
TOTAL	\$16.797.223.10	\$17.043.639.79	\$17.554.948.98	\$18.081.597.45	\$18.624.045.38
CUADRO DE COSTOS					
AÑOS					
	6	7	8	9	10
COSTOS VARIABLES TOTALES	\$1.281.742.03	\$1.320.194.29	\$1.359.800.12	\$1.400.594.12	\$1.442.611.94
COSTOS FIJOS TOTALES	\$4.598.599.98	\$4.736.557.98	\$4.878.654.72	\$5.025.014.36	\$5.175.764.79
COSTOS TOTALES	\$5.880.342.00	\$6.056.752.26	\$6.238.454.83	\$6.425.608.48	\$6.618.376.73

### 6.9 Cálculo de ingresos y costos del año 11 al 15

	11	12	13	14	15
INGRESOS POR VENTAS	\$19.182.766.74	\$19.758.249.74	\$20.350.997.23	\$20.961.527.15	\$21.590.372.96
INGRESOS POR VENTA DE ACTIVO (AÑO 6)		\$250.000.00			
TOTAL	\$19.182.766.74	\$20.008.249.74	\$20.350.997.23	\$20.961.527.15	\$21.590.372.96
	11	12	13	14	15
COSTOS VARIABLES TOTALES	\$1.485.890.30	\$1.530.467.01	\$1.576.381.02	\$1.623.672.45	\$1.672.382.63
COSTOS FIJOS TOTALES	\$5.331.037.73	\$5.490.968.86	\$5.655.697.93	\$5.825.368.87	\$6.000.129.93
COSTOS TOTALES	\$6.816.928.03	\$7.021.435.87	\$7.232.078.95	\$7.449.041.32	\$7.672.512.56

### 6.10 Cálculo de ingresos y costos del año 16 al 20

	16	17	18	19	20
INGRESOS POR VENTAS	\$22.238.084.15	\$22.905.226.68	\$23.592.383.48	\$24.300.154.98	\$25.029.159.63
INGRESOS POR VENTA DE ACTIVO (AÑO 6)			\$250.000.00		
TOTAL	\$22.238.084.15	\$22.905.226.68	\$23.842.383.48	\$24.300.154.98	\$25.029.159.63
	16	17	18	19	20
COSTOS VARIABLES TOTALES	\$1.722.554.10	\$1.774.230.73	\$1.827.457.65	\$1.882.281.38	\$1.938.749.82
COSTOS FIJOS TOTALES	\$6.180.133.83	\$6.365.537.85	\$6.556.503.98	\$6.753.199.10	\$6.955.795.07
COSTOS TOTALES	\$7.902.687.94	\$8.139.768.57	\$8.383.961.63	\$8.635.480.48	\$8.894.544.89

### 6.11 Cálculo del valor en libros.

VALOR LIBROS	
<b>MAQUINARIAS</b>	
VALOR INICIAL MAQUINARIA	\$ 500.000.00
VIDA ÚTIL	10 AÑOS
DEPRECIACIÓN ANUAL	\$ 50.000.00
AÑOS DE DEPRECIACIÓN	6 AÑOS
DEPRECIACIÓN ACUMULADA	\$ 300.000.00
VALOR EN LIBROS	\$ 200.000.00

### 6.12 Cálculo del valor desechos.

CONSTRUCCIONES		MAQUINARIAS	
VALOR INICIAL CONSTRUCCIONES	\$ 21.075.079.83	VALOR MAQUINARIA REEMPLAZO (AÑO 6)	\$ 632.659.51
VIDA ÚTIL	20 AÑOS	VIDA ÚTIL	10 AÑOS
DEPRECIACIÓN ANUAL	\$ 1.053.753.99	DEPRECIACIÓN ANUAL	\$ 63.265.95
AÑOS DE DEPRECIACIÓN	20 AÑOS	AÑOS DE DEPRECIACIÓN (AÑOS 7 - 10)	4 AÑOS
DEPRECIACIÓN ACUMULADA	\$ 21.075.079.83	DEPRECIACIÓN ACUMULADA (AÑOS 7 - 10)	\$ 253.063.80
VALOR DESECHO CONSTRUCCIONES	\$ -	VALOR DESECHO MAQUINARIA	\$ 379.595.71
<b>VALOR DE DESECHO TOTAL</b>			
CONSTRUCCIONES	\$ -		
MAQUINARIAS	\$ 379.595.71		
TERRENOS	\$ -		
TOTAL	\$ 379.595.71		

### 6.13 Cálculo del flujo caja escenario 1 del año 0 al año 5

PERIODOS	0	1	2	3	4	5
Ingreso		\$14.273.780.00	\$14.701.993.40	\$15.143.053.20	\$15.597.344.80	\$16.065.265.14
Venta activo						
Costo Variable Total		-\$1.105.641.93	-\$1.138.811.19	-\$1.172.975.53	-\$1.208.164.79	-\$1.244.409.74
Costo Fijo Total		-\$3.966.792.74	-\$4.085.796.52	-\$4.208.370.41	-\$4.334.621.53	-\$4.464.660.17
Amortizacion						
Depreciación		-\$1.103.753.99	-\$1.103.753.99	-\$1.103.753.99	-\$1.103.753.99	-\$1.103.753.99
Valor Libro						
Utilidad		\$8.097.591.34	\$8.373.631.70	\$8.657.953.27	\$8.950.804.49	\$9.252.441.24
Impuesto (25%)		-\$2.024.397.84	-\$2.093.407.93	-\$2.164.488.32	-\$2.237.701.12	-\$2.313.110.31
Utilidad Neta		\$6.073.193.51	\$6.280.223.78	\$6.493.464.95	\$6.713.103.37	\$6.939.330.93
Depreciación		\$1.103.753.99	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99
Valor Libro						
Inversión Inicial	-\$21.575.079.83					
Inversión Maq. reemplazo						
Capital de Trabajo	-\$422.702.89	-\$12.681.09	-\$13.061.52	-\$13.453.36	-\$13.856.97	-\$14.272.67
Recuperación Capital de Trabajo						
Valor de Desecho						
Flujo de Caja	-\$21.997.782.72	\$7.164.266.41	\$7.370.916.25	\$7.583.765.58	\$7.803.000.39	\$8.028.812.25
FACTOR DE ACTUALIZA	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972
FLUJO ACTUALIZADO	-\$21.997.782.72	\$6.229.796.88	\$5.573.471.64	\$4.986.448.97	\$4.461.390.80	\$3.991.738.66
FLUJO ACTUALIZADO A	-\$21.997.782.72	-\$15.767.985.84	-\$10.194.514.20	-\$5.208.065.22	-\$746.674.42	\$3.245.064.24

## 6.14 Cálculo del flujo caja escenario 1 del año 6 al año 10

PERIODOS	6	7	8	9	10
Ingreso	\$16.547.223.10	\$17.043.639.79	\$17.554.948.98	\$18.081.597.45	\$18.624.045.38
Venta activo	\$250.000.00				
Costo Variable Total	-\$1.281.742.03	-\$1.320.194.29	-\$1.359.800.12	-\$1.400.594.12	-\$1.442.611.94
Costo Fijo Total	-\$4.598.599.98	-\$4.736.557.98	-\$4.878.654.72	-\$5.025.014.36	-\$5.175.764.79
Amortizacion					
Depreciación	-\$1.103.753.99	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94
Valor Libro	-\$200.000.00				
Utilidad	\$9.613.127.10	\$9.869.867.58	\$10.193.474.21	\$10.538.969.03	\$10.888.648.70
Impuesto (25%)	-\$2.403.281.78	-\$2.467.466.90	-\$2.549.868.55	-\$2.634.742.26	-\$2.722.162.18
Utilidad Neta	\$7.209.845.33	\$7.402.400.69	\$7.643.605.66	\$7.904.226.77	\$8.166.486.53
Depreciación	\$1.103.753.99	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94
Valor Libro	\$200.000.00				
Inversión Inicial					
Inversión Maq. reemplazo	-\$632.659.51				
Capital de Trabajo	-\$14.700.86	-\$15.141.88	-\$15.596.14	-\$16.064.02	-\$16.545.94
Recuperación Capital de					
Valor de Desecho					
Flujo de Caja	\$7.866.238.95	\$8.504.278.75	\$8.751.029.46	\$9.005.182.70	\$9.266.360.53
FACTOR DE ACTUALIZA	0.4323	0.3759	0.3269	0.2843	0.2472
FLUJO ACTUALIZADO	\$3.400.792.18	\$3.197.073.38	\$2.860.727.05	\$2.559.834.95	\$2.290.650.91
FLUJO ACTUALIZADO A	\$6.645.856.41	\$9.842.929.79	\$12.703.656.85	\$15.263.491.80	\$17.554.142.71

## 6.15 Cálculo del flujo caja escenario 1 del año 11 al año 15

PERIODOS	11	12	13	14	15
Ingreso	\$19.182.766.74	\$19.758.249.74	\$20.350.997.23	\$20.961.527.15	\$21.590.372.96
Venta activo		\$250.000.00			
Costo Variable Total	-\$1.485.890.30	-\$1.530.467.01	-\$1.576.381.02	-\$1.623.672.45	-\$1.672.382.63
Costo Fijo Total	-\$5.331.037.73	-\$5.490.968.86	-\$5.655.697.93	-\$5.825.368.87	-\$6.000.129.93
Amortizacion					
Depreciación	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94
Valor Libro		-\$200.000.00			
Utilidad	\$11.248.818.76	\$11.669.793.92	\$12.001.898.34	\$12.395.465.89	\$12.800.840.46
Impuesto (25%)	-\$2.812.204.69	-\$2.917.448.48	-\$3.000.474.58	-\$3.098.866.47	-\$3.200.210.12
Utilidad Neta	\$8.436.614.07	\$8.752.345.44	\$9.001.423.75	\$9.296.599.41	\$9.600.630.35
Depreciación	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94
Valor Libro		\$200.000.00			
Inversión Inicial					
Inversión Maq. reemplazo		-\$632.659.51			
Capital de Trabajo	-\$17.042.32	-\$17.553.59	-\$18.080.20	-\$18.622.60	-\$19.181.28
Recuperación Capital de					
Valor de Desecho					
Flujo de Caja	\$9.536.591.69	\$9.419.152.29	\$10.100.363.50	\$10.394.996.75	\$10.698.469.01
FACTOR DE ACTUALIZA	0.2149	0.1869	0.1625	0.1413	0.1229
FLUJO ACTUALIZADO	\$2.049.825.75	\$1.760.506.91	\$1.641.591.44	\$1.469.110.94	\$1.314.782.84
FLUJO ACTUALIZADO A	\$19.603.968.47	\$21.364.475.38	\$23.006.066.82	\$24.475.177.76	\$25.789.960.60

## 6.16 Cálculo del flujo caja escenario 1 del año 16 al año 20

PERIODOS	16	17	18	19	20
Ingreso	\$22.238.084.15	\$22.905.226.68	\$23.592.383.48	\$24.300.154.98	\$25.029.159.63
Venta activo			\$250.000.00		
Costo Variable Total	-\$1.722.554.10	-\$1.774.230.73	-\$1.827.457.65	-\$1.882.281.38	-\$1.938.749.82
Costo Fijo Total	-\$6.180.133.83	-\$6.365.537.85	-\$6.556.503.98	-\$6.753.199.10	-\$6.955.795.07
Amortización					
Depreciación	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94
Valor Libro			-\$200.000.00		
Utilidad	\$13.218.376.27	\$13.648.438.16	\$14.141.401.90	\$14.547.654.56	\$15.017.594.79
Impuesto (25%)	-\$3.304.594.07	-\$3.412.109.54	-\$3.535.350.48	-\$3.636.913.64	-\$3.754.398.70
Utilidad Neta	\$9.913.782.21	\$10.236.328.62	\$10.606.051.43	\$10.910.740.92	\$11.263.196.10
Depreciación	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94
Valor Libro			\$200.000.00		
Inversión Inicial					
Inversión Maq. reemplazo			-\$632.659.51		
Capital de Trabajo	-\$19.756.72	-\$20.349.42	-\$20.959.90	-\$21.588.70	
Recuperación Capital de Trabajo					\$741.212.07
Valor de Desecho					\$379.595.71
Flujo de Caja	\$11.011.045.43	\$11.332.999.14	\$11.269.451.96	\$12.006.172.16	\$13.501.023.82
FACTOR DE ACTUALIZACION	0.1069	0.0929	0.0808	0.0703	0.0611
FLUJO ACTUALIZADO	\$1.176.692.83	\$1.053.128.99	\$910.629.41	\$843.617.54	\$824.916.32
FLUJO ACTUALIZADO ACUMULADO	\$26.966.653.44	\$28.019.782.43	\$28.930.411.84	\$29.774.029.37	\$30.598.945.69

## 6.17 Cálculo del flujo caja escenario 2 del año 0 al año 5

PERIODOS	0	1	2	3	4	5
Ingreso		\$14.273.780.00	\$14.701.993.40	\$15.143.053.20	\$15.597.344.80	\$16.065.265.14
Venta activo						
Costo Variable Total		-\$1.105.641.93	-\$1.138.811.19	-\$1.172.975.53	-\$1.208.164.79	-\$1.244.409.74
Costo Fijo Total		-\$3.966.792.74	-\$4.085.796.52	-\$4.208.370.41	-\$4.334.621.53	-\$4.464.660.17
Amortización		-\$4.949.501.11	-\$4.949.501.11	-\$4.949.501.11	-\$4.949.501.11	-\$4.949.501.11
Depreciación		-\$1.103.753.99	-\$1.103.753.99	-\$1.103.753.99	-\$1.103.753.99	-\$1.103.753.99
Valor Libro						
Utilidad		\$3.148.090.23	\$3.424.130.59	\$3.708.452.16	\$4.001.303.38	\$4.302.940.13
Impuesto (25%)		-\$787.022.56	-\$856.032.65	-\$927.113.04	-\$1.000.325.84	-\$1.075.735.03
Utilidad Neta		\$2.361.067.67	\$2.568.097.94	\$2.781.339.12	\$3.000.977.53	\$3.227.205.10
Depreciación		\$1.103.753.99	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99	\$1.103.753.99
Valor Libro						
Inversión Inicial	-\$21.575.079.83					
Inversión Maq. reemplazo						
Capital de Trabajo	-\$422.702.89	-\$12.681.09	-\$13.061.52	-\$13.453.36	-\$13.856.97	-\$14.272.67
Recuperación Capital de Trabajo						
Valor de Desecho						
Flujo de Caja	-\$21.997.782.72	\$3.452.140.58	\$3.658.790.41	\$3.871.639.75	\$4.090.874.56	\$4.316.686.42
FACTOR DE ACTUALIZACION	1.00	0.90	0.81	0.73	0.66	0.60
FLUJO ACTUALIZADO	-\$21.997.782.72	\$3.111.788.69	\$2.972.903.30	\$2.835.696.95	\$2.700.863.67	\$2.568.967.60
FLUJO ACTUALIZADO ACUMULADO	-\$21.997.782.72	-\$18.885.994.03	-\$15.913.090.73	-\$13.077.393.78	-\$10.376.530.11	-\$7.807.562.51

## 6.18 Cálculo del flujo caja escenario 2 del año 6 al año 10

PERIODOS	6	7	8	9	10
Ingreso	\$16.547.223.10	\$17.043.639.79	\$17.554.948.98	\$18.081.537.45	\$18.624.045.38
Venta activo	\$250.000.00				
Costo Variable Total	-\$1.281.742.03	-\$1.320.194.29	-\$1.359.800.12	-\$1.400.594.12	-\$1.442.611.94
Costo Fijo Total	-\$4.598.599.98	-\$4.736.557.98	-\$4.878.654.72	-\$5.025.014.36	-\$5.175.764.79
Amortizacion	-\$4.949.501.11	-\$4.949.501.11	-\$4.949.501.11	-\$4.949.501.11	-\$4.949.501.11
Depreciación	-\$1.103.753.99	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94
Valor Libro	-\$200.000.00				
Utilidad	\$4.663.625.99	\$4.920.366.47	\$5.249.973.10	\$5.589.467.92	\$5.939.147.59
Impuesto (25%)	-\$1.165.906.50	-\$1.230.091.62	-\$1.312.493.27	-\$1.397.366.98	-\$1.484.786.90
Utilidad Neta	\$3.497.719.49	\$3.690.274.85	\$3.937.479.82	\$4.192.100.94	\$4.454.360.69
Depreciación	\$1.103.753.99	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94
Valor Libro	\$200.000.00				
Inversión Inicial					
Inversión Maq. reemplazo	-\$632.659.51				
Capital de Trabajo	-\$14.700.86	-\$15.141.88	-\$15.596.14	-\$16.064.02	-\$16.545.94
Recuperación Capital de					
Valor de Desecho					
Flujo de Caja	\$4.154.113.12	\$4.792.152.91	\$5.038.903.63	\$5.293.056.86	\$5.554.834.69
FACTOR DE ACTUALIZA	0.54	0.48	0.44	0.39	0.35
FLUJO ACTUALIZADO	\$2.228.476.56	\$2.317.298.84	\$2.196.387.96	\$2.079.702.37	\$1.967.376.10
FLUJO ACTUALIZADO A	-\$5.579.085.95	-\$3.261.787.11	-\$1.065.399.15	\$1.014.303.22	\$2.981.679.33

## 6.19 Cálculo del flujo caja escenario 2 del año 11 al año 15

PERIODOS	11	12	13	14	15
Ingreso	\$19.182.766.74	\$19.758.249.74	\$20.350.997.23	\$20.961.527.15	\$21.590.372.96
Venta activo		\$250.000.00			
Costo Variable Total	-\$1.485.890.30	-\$1.530.467.01	-\$1.576.381.02	-\$1.623.672.45	-\$1.672.382.63
Costo Fijo Total	-\$5.331.037.73	-\$5.490.968.86	-\$5.655.697.93	-\$5.825.368.87	-\$6.000.129.93
Amortizacion					
Depreciación	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94	-\$1.117.019.94
Valor Libro		-\$200.000.00			
Utilidad	\$11.248.818.76	\$11.669.793.92	\$12.001.898.34	\$12.395.465.89	\$12.800.840.46
Impuesto (25%)	-\$2.812.204.69	-\$2.917.448.48	-\$3.000.474.58	-\$3.098.866.47	-\$3.200.210.12
Utilidad Neta	\$8.436.614.07	\$8.752.345.44	\$9.001.423.75	\$9.296.599.41	\$9.600.630.35
Depreciación	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94	\$1.117.019.94
Valor Libro		\$200.000.00			
Inversión Inicial					
Inversión Maq. reemplazo		-\$632.659.51			
Capital de Trabajo	-\$17.042.32	-\$17.553.59	-\$18.080.20	-\$18.622.60	-\$19.181.28
Recuperación Capital de					
Valor de Desecho					
Flujo de Caja	\$9.536.591.69	\$9.419.152.29	\$10.100.363.50	\$10.394.996.75	\$10.698.469.01
FACTOR DE ACTUALIZA	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21
FLUJO ACTUALIZADO	\$3.044.605.77	\$2.710.636.75	\$2.620.101.60	\$2.430.676.22	\$2.254.997.23
FLUJO ACTUALIZADO A	\$6.026.285.10	\$8.736.921.85	\$11.357.023.45	\$13.787.699.67	\$16.042.696.89

## 6.20 Cálculo del flujo caja escenario 2 del año 16 al año 20

PERIODOS	16	17	18	19	20
<b>Ingreso</b>	<b>\$22.238.084.15</b>	<b>\$22.905.226.68</b>	<b>\$23.592.383.48</b>	<b>\$24.300.154.98</b>	<b>\$25.029.159.63</b>
<b>Venta activo</b>			<b>\$250.000.00</b>		
<b>Costo Variable Total</b>	<b>-\$1.722.554.10</b>	<b>-\$1.774.230.73</b>	<b>-\$1.827.457.65</b>	<b>-\$1.882.281.38</b>	<b>-\$1.938.749.82</b>
<b>Costo Fijo Total</b>	<b>-\$6.180.133.83</b>	<b>-\$6.365.537.85</b>	<b>-\$6.556.503.98</b>	<b>-\$6.753.199.10</b>	<b>-\$6.955.795.07</b>
<b>Amortización</b>					
<b>Depreciación</b>	<b>-\$1.117.019.94</b>	<b>-\$1.117.019.94</b>	<b>-\$1.117.019.94</b>	<b>-\$1.117.019.94</b>	<b>-\$1.117.019.94</b>
<b>Valor Libro</b>			<b>-\$200.000.00</b>		
<b>Utilidad</b>	<b>\$13.218.376.27</b>	<b>\$13.648.438.16</b>	<b>\$14.141.401.90</b>	<b>\$14.547.654.56</b>	<b>\$15.017.594.79</b>
<b>Impuesto (25%)</b>	<b>-\$3.304.594.07</b>	<b>-\$3.412.109.54</b>	<b>-\$3.535.350.48</b>	<b>-\$3.636.913.64</b>	<b>-\$3.754.398.70</b>
<b>Utilidad Neta</b>	<b>\$9.913.782.21</b>	<b>\$10.236.328.62</b>	<b>\$10.606.051.43</b>	<b>\$10.910.740.92</b>	<b>\$11.263.196.10</b>
<b>Depreciación</b>	<b>\$1.117.019.94</b>	<b>\$1.117.019.94</b>	<b>\$1.117.019.94</b>	<b>\$1.117.019.94</b>	<b>\$1.117.019.94</b>
<b>Valor Libro</b>			<b>\$200.000.00</b>		
<b>Inversión Inicial</b>			<b>\$0.00</b>		
<b>Inversión Maq. reemplazo</b>			<b>-\$632.659.51</b>		
<b>Capital de Trabajo</b>	<b>-\$19.756.72</b>	<b>-\$20.349.42</b>	<b>-\$20.959.90</b>	<b>-\$21.588.70</b>	
<b>Recuperación Capital de</b>					<b>\$741.212.07</b>
<b>Valor de Desecho</b>					<b>\$379.595.71</b>
<b>Flujo de Caja</b>	<b>\$11.011.045.43</b>	<b>\$11.332.999.14</b>	<b>\$11.269.451.96</b>	<b>\$12.006.172.16</b>	<b>\$13.501.023.82</b>
<b>FACTOR DE ACTUALIZA</b>	<b>0.19</b>	<b>0.17</b>	<b>0.15</b>	<b>0.14</b>	<b>0.13</b>
<b>FLUJO ACTUALIZADO</b>	<b>\$2.092.062.04</b>	<b>\$1.940.941.68</b>	<b>\$1.739.770.86</b>	<b>\$1.670.765.30</b>	<b>\$1.693.554.62</b>
<b>FLUJO ACTUALIZADO A</b>	<b>\$18.134.758.93</b>	<b>\$20.075.700.60</b>	<b>\$21.815.471.46</b>	<b>\$23.486.236.76</b>	<b>\$25.179.731.38</b>

## 6.21 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	INDICADORES		TECNICAS/INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS
GENERAL ¿Se podrá reducir a niveles considerables el uso de rellenos sanitarios a partir de la gestión de residuos orgánicos en la ciudad de Durán?	GENERAL Elaborar una propuesta costo-beneficio con la finalidad de proponer la reducción a la contaminación ambiental por desechos orgánicos urbanos mediante un co-procesamiento.	GENERAL Un buen estudio de factibilidad generaría la toma correcta de decisión de implementar los procesos tecnológicos para el manejo integral de los desechos urbanos en la ciudad.				
ESPECIFICOS En la actualidad se pueden gestionar integralmente los desechos urbanos producidos en la ciudad de Durán.	ESPECIFICOS Diseñar una propuesta de manejo sustentable de los desechos orgánicos en la ciudad Durán.	ESPECIFICOS El co-procesamiento de los desechos orgánicos, influye en la reducción de la contaminación ambiental por emanación de gases contaminante	VI: co-procesamiento. VD: contaminación ambiental	INDICADORES VI identificación y aplicación de los procesos	INDICADORES VD Innovación de los procesos	Enfoque basado en datos.
Producir biogás a partir de desechos orgánicos fomentaría a la población de Durán a reciclar, reducir, reusar sus desechos orgánicos ayudando a minimizar el uso de rellenos sanitarios.	Minimizar el uso de rellenos sanitarios aprovechando los desechos urbanos produciendo biogás.	la gestión integral de los desechos orgánicos permitiría minimizar el uso de rellenos sanitarios.	VI: gestión integral. VD: uso de rellenos sanitarios.	INDICADORES VI Identificación y disponibilidad de los recursos	INDICADORES VD. Implicación con las mejoras	Análisis de datos
La producción de biogás a partir de residuos orgánicos reduciría las importaciones de GLP en el país.	Proponer usar biogás para reducir el consumo de GLP importado.	El uso de Biogás minimizaría el gasto fiscal por importación y subsidio de GLP en el país.	VI: Biogás. VD: Gasto fiscal por importación	INDICADORES VI Diseño y desarrollo del producto	INDICADORES VD. Resultados enfocados al producto y a los procesos.	Base de datos.



## **6.22 Marco legal de la República del Ecuador.**

“El objetivo de este Reglamento Constituye la normativa de obligatorio cumplimiento para todas las entidades, organismos y dependencias que comprenden el sector público central y autónomo descentralizado, personas naturales y jurídicas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, que se encuentren permanente o temporalmente en el territorio nacional”.

**Art. 14.** “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”.

**Art. 15.** “ El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua ”.

**Art. 71.** “ La naturaleza tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y proceso evolutivos”.

**Art. 276.** “ Establece que el régimen de desarrollo tendrá entre sus objetivos el de: “Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural”.

**Art. 281.** “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y

nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente”.

**Art. 395.** La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: “Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales”

**Art. 415.** “Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos”.

**Art. 565.-** “Plan de gestión integral municipal de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios. - Los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos deberán elaborar y presentar el Plan de Gestión Integral Municipal de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios, mismo que debe ser remitido a la Autoridad Ambiental Nacional para su aprobación, control y seguimiento. Su formulación contendrá la siguiente información mínima:

- a) Diagnóstico y presentación de resultados de gestión de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios;
- b) Descripción de alternativas para la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos sanitarios. Considerando el tipo de desecho sanitario, se puede considerar alternativas como la eliminación por reducción de carga microbiana, celdas diferenciadas, entre otros, los mismos que pueden ubicarse en la misma jurisdicción o realizarse a través de mancomunidades, gestores ambientales, u otros, en el marco del artículo 275 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización;

- c) Descripción de componentes y actividades de cada una de las fases de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios, que debe incluir, entre otros, actividades de divulgación, concientización, aprovechamiento, inclusión social y capacitación, entre otros;
- d) Determinación de objetivos, metas, cronograma de actividades, presupuestos y responsables institucionales para el desarrollo del Plan;
- e) Programa de seguimiento y control; y,
- f) Medios de verificación.

**Art. 566.** “Autorización para proyectos de residuos y desechos sólidos no peligrosos y sanitarios. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos deberán obtener la viabilidad técnica de la Autoridad Ambiental Nacional y la autorización administrativa ambiental de los proyectos de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios, según corresponda, conforme lo establecido en este Reglamento y la normativa ambiental aplicable”.

**Art. 567.** “Cambios en plan de gestión integral. - Cualquier cambio o modificación en el Plan de Gestión Integral Municipal de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios aprobado, deberá ser notificado y justificado a la Autoridad Ambiental Nacional previo a ser realizado”.