

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACION FINANCIERA**



**ANALISIS DE VIABILIDAD FINANCIERA DE LA GENERACION DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE BIOGÁS EN EL SECTOR PECUARIO DE LA  
REGION CENTRAL DE GUATEMALA**

**LIC. VICTOR EDUARDO TUMAX CHIROY**

**GUATEMALA, JULIO DE 2014**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACION FINANCIERA**

**ANALISIS DE VIABILIDAD FINANCIERA DE LA GENERACION DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE BIOGÁS EN EL SECTOR PECUARIO DE LA  
REGION CENTRAL DE GUATEMALA**

Informe final de tesis para la obtención del Grado de Maestría en Ciencias, con base en el Normativo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, en el punto séptimo inciso 7.2 del acta 5-2005 de la sesión celebrada el veintidós de febrero de 2005, actualizado y aprobado por Junta Directiva en el numeral 6.1 punto SEXTO del acta 15-2009 de la sesión celebrada 14 de julio de 2009.

**Asesor de Tesis**

**MSc. JUAN DE DIOS ALVARADO LOPEZ**

**Autor:**

**LIC. VICTOR EDUARDO TUMAX CHIROY**

**GUATEMALA, JULIO DE 2014.**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano: Lic. José Rolando Secaida Morales  
Secretario: Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales  
Vocal Primero: Lic. Luis Antonio Suárez Roldán  
Vocal Segundo: Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez  
Vocal Tercero: Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso  
Vocal Cuarto: Pc. Oliver Augusto Carrera Leal  
Vocal Quinto: Pc. Walter Obdulio Chiguichón Boror

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL  
EXAMEN PRIVADO DE TESIS

Presidente: MSc. Ezrra Israel Orozco Paredes.

Secretario: MSc. Edgar Laureano Juárez Sepúlveda.

Vocal I: MSc. Otto René Burgos Ruiz.



## ACTA No. 11-2014

En la Sala de Reuniones de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala del Edificio S-11, nos reunimos los infrascritos miembros del Jurado Examinador, el **19 de marzo** de 2014, a las **16:00** horas para practicar el **EXAMEN GENERAL DE TESIS** del Licenciado **Victor Eduardo Tumax Chiroy**, carné No. **100020600**, estudiante de la Maestría en Administración Financiera de la Escuela de Estudios de Postgrado, como requisito para optar al grado de Maestro en Administración Financiera. El examen se realizó de acuerdo con el normativo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas en el numeral 6.1, Punto SEXTO del Acta 15-2009 de la sesión celebrada el 14 de julio de 2009.-----

Cada examinador evaluó de manera oral los elementos técnico-formales y de contenido científico profesional del informe final presentado por el sustentante, denominado **"ANÁLISIS DE VIABILIDAD FINANCIERA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE BIOGÁS EN EL SECTOR PECUARIO DE LA REGIÓN CENTRAL DE GUATEMALA"**, dejando constancia de lo actuado en las hojas de factores de evaluación proporcionadas por la Escuela. El examen fue **APROBADO** con una nota promedio de **82** puntos, obtenida de las calificaciones asignadas por cada integrante del jurado examinador. El Tribunal hace las siguientes recomendaciones: Que el sustentante incorpore las enmiendas señaladas dentro de los 30 días hábiles siguientes.

En fe de lo cual firmamos la presente acta en la Ciudad de Guatemala, a los diecinueve días del mes de marzo del año dos mil catorce.

MSc. Ezra Israel Orozco Paredes  
Presidente

MSc. Edgar Laureano Juárez Sepúlveda  
Secretario



MSc. Otto René Burgos Ruiz  
Vocal I

Lic. Victor Eduardo Tumax Chiroy  
Postulante



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**  
**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

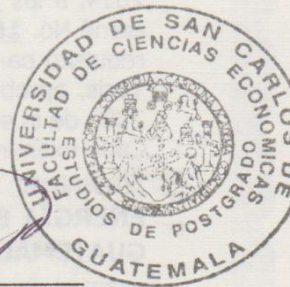
**ADENDUM**

El infrascrito Presidente del Jurado Examinador CERTIFICA que el estudiante Victor Eduardo Tumax Chiroy, incorporó los cambios y enmiendas sugeridas por cada miembro examinador del Jurado.

Guatemala, 28 de abril de 2014

(f)

  
MSc. Ezrra Israel Orozco Paredes  
Presidente





**FACULTAD DE  
CIENCIAS ECONOMICAS**

Edificio "S-8"

Ciudad Universitaria, Zona 12  
Guatemala, Centroamérica

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS.  
GUATEMALA, VEINTIDOS DE JULIO DE DOS MIL CATORCE.**

Con base en el Punto QUINTO, inciso 5.1, subinciso 5.1.2 del Acta 11-2014 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 10 de julio de 2014, se conoció el Acta Escuela de Estudios de Postgrado No. 11-2014 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 19 de marzo de 2014 y el trabajo de Tesis de Maestría en Administración Financiera, denominado: "ANÁLISIS DE VIABILIDAD FINANCIERA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE BIOGÁS EN EL SECTOR PECUARIO DE LA REGIÓN CENTRAL DE GUATEMALA", que para su graduación profesional presentó el Licenciado VÍCTOR EDUARDO TUMAX CHIROY, autorizándose su impresión.

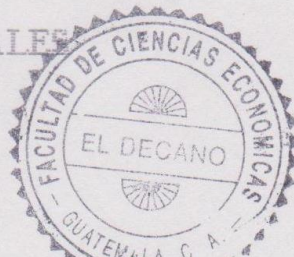
Atentamente,

*"ID Y ENSEÑAD A TODOS"*

LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES  
SECRETARIO



LIC. JOSE ROLANDO SECAIDA MORALES  
DECANO



Smp.

Ingrid  
REVISADO

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO

Por bendecirme con la oportunidad y voluntad para realizar mis estudios

A MI ESPOSA E HIJO

Lic. Andrea Carolina Gonzales y a nuestro hijo Victor Alejandro, por su amor y apoyo.

A MIS PADRES Y HERMANOS

Por su apoyo como familia.

AL CLAUSTRO DE LA ESCUELA DE  
POSTGRADO

Por el conocimiento que nos han compartido

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## CONTENIDO

	Página
<b>RESUMEN</b>	<b>i</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>iii</b>
<b>1 ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes sobre la generación de energía eléctrica a través del uso de biogás resultante del tratamiento de aguas residuales	1
1.2 Antecedentes del sector pecuario guatemalteco	4
<b>2 MARCO TEÓRICO</b>	<b>6</b>
2.1 Energía	6
2.1.1 Electricidad	6
2.1.2 Unidades de medida de la energía	7
2.2 Generador	9
2.3 Energías renovables	10
2.3.1 El biogás	11
2.3.2 Biodigestor	12
2.4 Proceso para la generación de energía eléctrica a partir de biogás	12
2.5 Las finanzas	17
2.5.1 Áreas generales de las finanzas	18
2.5.2 Administración financiera	18
2.6 Presupuesto de capital	18
2.7 La utilidad neta	19
2.8 Estados financieros proyectados	21
2.8.1 Balance general	22
2.8.2 Estado de resultados	25
2.9 Flujo de caja	25
2.10 Herramientas para la evaluación financiera	27
2.10.1 Valor presente neto	27
2.10.2 Tasa interna de retorno	28



	<b>Página</b>	
2.10.3	Período de recuperación de la inversión	29
2.10.4	Tasa de rendimiento requerida	29
2.11	Análisis de viabilidad de la inversión por escenarios	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>33</b>
3.1	Definición del problema	33
3.2	Justificación del problema	33
3.3	Objetivos	34
3.3.1	Objetivo general	34
3.3.2	Objetivos específicos	34
3.4	Hipótesis	36
3.4.1	Especificación de variables	36
3.5	Método científico	36
3.6	Técnicas de investigación aplicadas	37
3.6.1	Técnicas de investigación documental o bibliográfica	37
3.6.2	Técnicas de investigación de campo	38
3.6.3	Definición de la muestra	39
<b>4</b>	<b>EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA A TRAVÉS DEL USO DE BIOGÁS EN EL SECTOR PECUARIO</b>	<b>40</b>
4.1	Presupuesto de capital	40
4.1.1	Obra gris y equipo	42
4.1.2	Mano de obra	43
4.1.3	Equipo para generación	44
4.2	Determinación del monto en Quetzales por energía generada	45
4.3	Calculo de la depreciación y el valor en libros	46
4.4	Determinación del flujo de fondos proyectado	47
4.5	Balance general	50
4.6	Tasa de rendimiento requerida	52
4.7	Estimación de indicadores financieros	53
4.7.1	Valor actual neto	53
4.7.2	Tasa interna de retorno	54

	<b>Página</b>	
4.7.3	Período de recuperación de la inversión	55
5.3.4	Análisis de escenarios	56
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>62</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>64</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>66</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>69</b>
	<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>74</b>
	<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>75</b>
	<b>INDICE DE GRAFICOS</b>	<b>75</b>

## RESUMEN

El sector pecuario de Guatemala, tiene un grado de importancia relevante en la economía nacional, realizando la crianza desde el tipo traspatio, hasta el tipo agropecuario. En el área central de Guatemala, prevalecen la crianza de ganado porcino y la explotación avícola.

La tecnificación y constante innovación del sector es fundamental para impulsar su desarrollo; sin embargo, las organizaciones productivas del sector pecuario, en Guatemala se enfrentan a diversos retos, tales como el incremento en el costo de los alimentos para animales, así como restricciones severas en la legislación ambiental, principalmente en lo relacionado con el manejo de los desechos conducidos en las aguas residuales.

Existen métodos para el tratamiento de aguas residuales por medio de biodigestores, los cuales son técnicamente viables y que al mismo tiempo constituyen una alternativa para obtener beneficios económicos a partir de la utilización de los desechos. Es decir que, además de dar un tratamiento adecuado a las aguas, para obtener efluentes residuales con parámetros que cumplan con la legislación vigente para realizar una actividad productiva con responsabilidad social empresarial, se pueden obtener beneficios adicionales de generación de energía eléctrica para auto-consumo. Lo anterior permite agregar eslabones a la cadena productiva, en donde la energía es un factor limitante, debido a su alto costo y grandes cantidades en que es requerida y con esta propuesta se podría obtener a un menor costo. De esta manera, el manejo de desechos deja de ser un desembolso y permite un aumento de eficiencia en la producción, incrementando la riqueza de los inversionistas; no obstante, el potencial de generar energía eléctrica a través de biogás, no ha sido aprovechado debidamente en Guatemala, en parte, por el desconocimiento que existe de ésta tecnología y de los beneficios financieros que puede aportar a la actividad pecuaria.

La presente investigación se realizó tomando como base el método científico, mediante el planteamiento del problema, definición de objetivos de investigación y comprobación de la hipótesis formulada, delimitándose la investigación al área central de Guatemala, aunque los resultados se consideran aplicables a la actividad pecuaria en cualquier región del país.

Los resultados más importantes y principales conclusiones de la investigación realizada se presentan a continuación: Se determinó que el presupuesto de capital para la generación de energía eléctrica a través de biogás es de Q516.6 miles la cual incluye la construcción del biodigestor, así como la adquisición e instalación del generador.

Para evaluar los flujos proyectados se determinó una tasa de rendimiento mínima aceptable, TREMA, de 23.2%. El resultado del Valor Actual Neto, VAN, fue de Q138.2 miles; en tanto que la Tasa Interna de Retorno, TIR, se estableció en 35.76%, la cual es claramente superior a la TREMA, demostrando la viabilidad financiera de la inversión para la generación de energía eléctrica a través de biogás, en la región central de Guatemala.

El período de recuperación de la inversión determinado es de 3.32 años, la cual es aceptable, en vista que es inferior al periodo de depreciación del bien y a los cinco años de vida proyectados para el proyecto.

Finalmente, se demostró que la presente investigación contribuye al aprovechamiento del potencial energético de las aguas residuales y a la realización de una actividad productiva con responsabilidad social empresarial, dando un tratamiento adecuado a las aguas, para la obtención de efluentes residuales, con parámetros que cumplan con la legislación vigente.

## INTRODUCCIÓN

Las operaciones pecuarias productivas tienen procesos en los que ingresan materiales de composición orgánica, una fracción de las cuales egresa en estado sólido o como residuos líquidos que pueden ser clasificados de diversas maneras, siendo la más común la de “desechos”, los cuales a través del tiempo han sido tratados como un “problema”.

Algunos productores optan por no responsabilizarse de sus emisiones al ambiente, pero otros por una u otra razón dan un tratamiento a sus “desechos”, ya sea obligados por la legislación ambiental o por una clara planificación estratégica que incluye una responsabilidad social-ambiental sólida, así como la búsqueda de mejoras en la eficiencia de la operación, por ejemplo, alternativas energéticas, las cuales en la actualidad es importante explotar, dado el impacto del costo de la energía eléctrica convencional en las actividades productivas.

El tratamiento de desechos puede involucrar desembolsos para las organizaciones o bien puede ser una oportunidad para que se transformen en unidades productivas más eficientes, que generen ingresos a partir de sus residuos orgánicos y por lo tanto convertir ese “problema” y ese “desembolso” en un incremento de las utilidades de operación. Una opción para que el tratamiento de desechos en empresas pecuarias de la región central de Guatemala se convierta en una oportunidad de mejorar sus procesos, es incluir el paso de sus sub-productos orgánicos por biodigestores, los cuales pueden ser de diversos tipos, pero con el mismo principio de captar gas metano de la materia en descomposición, el cual constituye un combustible viable que puede ser utilizado para generar energía eléctrica.

En función de lo anterior y con la finalidad de generar una propuesta que contribuya al desarrollo productivo de Guatemala, se realizó la investigación titulada “Análisis de viabilidad financiera de la generación de energía eléctrica a través del uso de biogás en el sector pecuario”.

El objetivo general de investigación es: Evaluar la viabilidad financiera de la generación de energía eléctrica a partir del uso de biogás resultante del tratamiento de aguas residuales en empresas del sector pecuario del área rural de Guatemala, a través de las herramientas de evaluación financiera: Valor Actual Neto, VAN, Tasa Interna de Retorno, TIR, y, Período de recuperación de la inversión, PRI y el análisis de riesgo.

Los objetivos específicos de la investigación, son los siguientes: Determinar el presupuesto de capital con la inversión inicial necesaria para poner en marcha la propuesta; Determinar los beneficios de la inversión y los valores de desecho; Definir los elementos de ingresos y egresos del flujo de caja; Determinar el flujo de fondos proyectado a cinco años; Determinar la tasa de rendimiento mínima aceptable, TREMA, para la propuesta de inversión; Realizar la evaluación financiera de la propuesta de inversión a través del Valor Actual Neto, VAN; Tasa Interna de Retorno, TIR; y, Período de Recuperación de la Inversión, PRI.

La hipótesis de investigación formulada establece lo siguientes: La evaluación financiera de la generación de energía eléctrica a partir del uso de biogás resultante del tratamiento de aguas residuales en empresas del sector pecuario del área central de Guatemala, determina que la inversión es viable, lo cual se demuestra a con los objetivos específicos.

La presente tesis consta de los siguientes capítulos: El Capítulo Uno, Antecedentes, trata la evolución histórica y científica del tema de investigación; el Marco Teórico del capítulo Dos, contiene las teorías y conceptos teóricos que fundamentan la investigación desde el punto de vista técnico y financiero; En el capítulo Tres de metodología, se define el problema, los objetivos de investigación, hipótesis y en general el procedimiento utilizado durante el desarrollo de la investigación.

El capítulo Cuatro, presenta el análisis de aspectos técnicos y determinación de costos y el capítulo Cinco presenta la evaluación financiera de la generación de

energía eléctrica, a través del uso de biogás en el sector pecuario del área central de Guatemala.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

## 1 ANTECEDENTES

Los Antecedentes constituyen el origen del trabajo realizado. Exponen el marco referencial teórico y empírico de la investigación relacionada con el análisis de viabilidad financiera de generación de energía eléctrica a través del uso de biogás en el sector pecuario.

### 1.1 Antecedentes sobre la generación de energía eléctrica a través del uso de biogás resultante del tratamiento de aguas residuales

Pérez, M. (2006) en su trabajo de investigación “Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos”, señala que los desechos orgánicos tratados comúnmente como problemas y que como una alternativa a esto, pueden ser aprovechados al ser manejados de manera adecuada, proporcionando varias oportunidades de mejora, por ejemplo, produciendo gas metano lo cual podría conducir a reducir nuestros costos al dejar de comprar combustibles fósiles cuyo precio y oferta son cada vez más volátiles, por lo cual forman parte de la problemática energética mundial, dando también como resultado que el uso de biogás como combustible “limpio” la reducción de las emisiones contaminantes de la operación productiva.

Existen empresas que realizan el tratamiento de sus desechos, algunos más completos que otros pero que de cualquier manera nos brindan la materia prima para realizar la producción energética propuesta por Pérez.

Cardaci, J. et al (2009) en su proyecto “Incorporación de planta de biogás en un establecimiento porcino para autoabastecimiento de energía y biofertilizantes.” Menciona que desde el punto de vista ambiental, los sistemas ganaderos de explotación intensiva han mostrado impactos significativamente indeseables, los



cuales dependen de la especie, pero en general todas generan emisiones negativas si no se capta el gas metano que a la vez es el combustible.

La tendencia hacia el uso de ganadería intensiva en muchas partes del mundo ha generado indudables logros socioeconómicos, pero también la producción de mayores volúmenes de residuos por unidad de superficie, lo cual ha traído repercusiones ambientales por la contaminación del agua, suelo y aire por los desechos generados. Estos cambios en la forma de explotación, también han traído consigo cambios en el tratamiento de desechos que ofrecen un considerable potencial con enfoques innovadores para el re uso de agua, recuperación de energía, nutrientes, compuestos orgánicos y reducción de emisiones de gases invernaderos. Todos estos enfoques pueden generar ahorro o ingresos.

Hacia las décadas finales del siglo pasado, el sobre uso de energías convencionales unido a los aspectos económicos con que se relacionan (aumentos sostenidos en sus precios), han dado paso al análisis y desarrollo de las energías alternativas o energías renovables. El negativo impacto ambiental de las fuentes energéticas fósiles ha sensibilizado mucho más la conciencia pública.

Con el objetivo de cumplir con la responsabilidad ambiental, las empresas maximizan resultados y agregan valor a sus operaciones; pero lo hacen a través de proyectos e inversiones enfocados a la minimización de impactos ambientales.

La Asociación Española de Biogás (2010) en su reporte “El futuro del Biogás en España” hace mención del potencial que tiene el biogás como fuente energética y no sólo como el resultado de un tratamiento de desechos alternativo, incluso

menciona que se deberían tener incentivos fiscales para los entes que aprovechen este recurso con el cual contribuyen de muchas maneras al bienestar común. Mencionan también que el hecho de que el potencial que se vislumbra para el biogás en España como fuente de energía eléctrica, no se refleja igual en los países vecinos por mera ignorancia.

Esto último hace ver que en Europa al igual que en Guatemala, se desperdicia el potencial de los desechos orgánicos como solución a varios problemas, como oportunidad de ahorro o ingresos como ya se mencionó anteriormente.

En lo referente a los desechos resultantes de las actividades productivas, independientemente del tipo de industria siempre se ha mantenido la problemática acerca de cómo y cuánto costará la disposición de dichos materiales.

En el caso específico de la industria pecuaria y agrícola en el país, donde se generan aguas residuales ricas en materiales sólidos orgánicos, se han evaluado métodos variados que representan costos y resultados no muy aceptables, sin embargo, a través de los años, se ha llegado a trabajar métodos anaeróbicos de tratamiento los cuales dentro de sus subproductos tienen: aguas residuales más limpias que los métodos convencionales y gases combustibles fácilmente aprovechables. A partir de esto último, se observa que al utilizar las formas adecuadas de manejo de aguas residuales, se puede eliminar un gasto, transformándolo en inversión y por ende generar utilidades a partir de lo que típicamente ha sido un problema para toda una sección productiva como lo es la explotación pecuaria.

## 1.2 Antecedentes del sector pecuario guatemalteco

El sector agropecuario guatemalteco es para el año dos mil once, la tercera actividad económica en la generación del PIB, después de la industria manufacturera y los servicios privados, respectivamente, es decir que tiene bastante importancia en la economía del país y esto se evidencia claramente en las estadísticas del Banco de Guatemala, el comportamiento que ha tenido según estas estadísticas, es con una tendencia al alza que va desde Veinticinco mil doscientos cuarenta y cuatro millones de quetzales, a los Veintisiete mil trescientos veintitrés millones de quetzales del año dos mil siete al dos mil doce. Banco de Guatemala, (2012).

Esto hace ver que es importante mejorar la tecnificación del sector para continuar impulsando su desarrollo.

En el sector pecuario guatemalteco, se efectúa la crianza de animales desde el tipo de traspatio principalmente en el interior, hasta nivel comercial, este último se manifiesta en el ganado bovino en mayor cantidad y en el área central del país el ganado porcino y explotaciones de tipo avícola, donde existen operaciones de volumen considerable, dado que tienen el mercado y las plantas empacadoras en las cercanías o el interior de la ciudad capital.

La industria pecuaria ha atravesado problemas serios recientemente, los cuales iniciaron en una magnitud mayor y devastadora a principios del año 2008, debido a la crisis económica mundial sub-prime, así como a la utilización de los granos como maíz y soya para la elaboración de biocombustibles, los cuales son importados por Guatemala para la elaboración de alimentos concentrados que se utilizan para la alimentación de explotaciones pecuarias. Esta crisis y el nuevo uso de los granos para biocombustible, provocó un incremento del precio en los alimentos concentrados para animales y afectó el costo de estas explotaciones;

Asimismo, la transferencia de tecnología proporcionada por parte del gobierno ha disminuido al haber eliminado las instituciones dedicadas a ello hace alrededor de 20 años atrás, las necesidades son en cuanto a tecnologías más eficientes, optimización de recursos y mejores manejos ambientales.

Respecto a los manejos ambientales en el ámbito pecuario es común que se vea las aguas residuales y excretas como un problema ambiental.

El aprovechamiento de las excretas presentes en las explotaciones pecuarias es vista en países como México como la oportunidad de aprovechar un recurso más en la explotación, ya que es técnicamente viable y poseen potencial para producir electricidad, además puede implementarse estos proyectos en cualquier parte del país; además, coadyuvan a resolver problemas sanitarios propios de las explotaciones pecuarias, mitigan la proliferación de olores y contaminación en general, las cuales causan bastantes problemas en explotaciones guatemaltecas con las comunidades vecinas. Sagarpa (2008).

En Guatemala existen explotaciones que aprovechan el uso del biogás para generar energía eléctrica para autoconsumo, con efectos positivos en la reducción del costo de compra de energía eléctrica a la red nacional. Larios. R (2011).

La relevancia del tema es evidente; además, ha sido objeto de otras investigaciones, por lo cual es de suma importancia y urgencia la realización de estudios de viabilidad financiera para el aprovechamiento energético de desechos por medio de la generación de energía eléctrica a partir del uso de Biogás resultante de tratamiento de aguas residuales en empresas pecuarias de Guatemala. Se espera que la investigación contribuya a mejorar el conocimiento financiero del tema y apoyar la toma de decisiones de inversión de este tipo.

## 2 MARCO TEÓRICO

El Marco teórico contiene la exposición y análisis de las teorías y enfoques teóricos y conceptuales utilizados para fundamentar la investigación relacionada con el análisis de viabilidad financiera de generación de energía eléctrica a través del uso de biogás en el sector pecuario.

### 2.1 Energía

Según la enciclopedia Encarta. (2009) es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo. La materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. La radiación electromagnética posee energía que depende de su frecuencia y por tanto, de su longitud de onda. Esta energía se comunica a la materia cuando absorbe radiación y se recibe de la materia cuando emite radiación. La energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética, mientras que la relacionada con la posición es la energía potencial. Por ejemplo, un péndulo que oscila tiene una energía potencial máxima en los extremos de su recorrido; en todas las posiciones intermedias tiene energía cinética y potencial en proporciones diversas. La energía se manifiesta en varias formas, entre ellas la energía mecánica, térmica, química, eléctrica, radiante o atómica. Todas las formas de energía pueden convertirse en otras formas mediante los procesos adecuados. En el proceso de transformación puede perderse o ganarse una forma de energía, pero la suma total permanece constante.

Un peso suspendido de una cuerda tiene energía potencial debido a su posición, puesto que puede realizar trabajo al caer. Una batería eléctrica tiene energía potencial en forma química. Un trozo de magnesio también tiene energía potencial en forma química, que se transforma en calor y luz si se inflama. Al disparar un fusil, la energía potencial de la pólvora se transforma en la energía cinética del proyectil. La energía cinética del rotor de una dinamo o alternador se convierte en

energía eléctrica mediante la inducción electromagnética. Esta energía eléctrica puede a su vez almacenarse como energía potencial de las cargas eléctricas en un condensador o una batería, disiparse en forma de calor o emplearse para realizar trabajo en un dispositivo eléctrico. Todas las formas de energía tienden a transformarse en calor, que es la forma más degradada de la energía. En los dispositivos mecánicos la energía no empleada para realizar trabajo útil se disipa como calor de rozamiento y las pérdidas de los circuitos eléctricos se producen fundamentalmente en forma de calor.

Las observaciones empíricas del siglo XIX llevaron a la conclusión de que aunque la energía puede transformarse no se puede crear ni destruir. Este concepto, conocido como principio de conservación de la energía, constituye uno de los principios básicos de la mecánica clásica. Al igual que el principio de conservación de la materia, sólo se cumple en fenómenos que implican velocidades bajas en comparación con la velocidad de la luz. Cuando las velocidades se empiezan a aproximar a la de la luz, como ocurre en las reacciones nucleares, la materia puede transformarse en energía y viceversa. En la física moderna se unifican ambos conceptos, la conservación de la energía y de la masa.

### **2.1.1 Electricidad**

Según Encarta (2009) es la categoría de fenómenos físicos originados por la existencia de cargas eléctricas y por la interacción de las mismas. Cuando una carga eléctrica se encuentra estacionaria o estática, produce fuerzas eléctricas sobre las otras cargas situadas en su misma región del espacio; cuando está en movimiento, produce además efectos magnéticos. Los efectos eléctricos y magnéticos dependen de la posición y movimiento relativos de las partículas con carga. En lo que respecta a los efectos eléctricos, estas partículas pueden ser neutras, positivas o negativas. La electricidad se ocupa de las partículas cargadas positivamente, como los protones, que se repelen mutuamente, y de las partículas cargadas negativamente, como los electrones, que también se repelen

mutuamente. En cambio, las partículas negativas y positivas se atraen entre sí. Este comportamiento puede resumirse diciendo que las cargas del mismo signo se repelen y las cargas de distinto signo se atraen.

### 2.1.2 Unidades de medida de la energía

La unidad de energía definida por el Sistema Internacional de Unidades es el julio, que se define como el trabajo realizado por una fuerza de un newton en un desplazamiento de un metro en la dirección de la fuerza, es decir, equivale a multiplicar un newton por un metro. Existen muchas otras unidades de energía, algunas de ellas en desuso.

**Cuadro 1**  
**Comparación del kilovatio con las calorías.**

Nombre	Abreviatura	Equivalencia en julios
Caloría	cal	41,855
<b>Kilovatio hora</b>	<b>kWh</b>	3 600 000
Caloría grande	Cal	4185,5

Fuente: Encarta (2009).

#### 2.1.2.1 Medición de la energía eléctrica

Para Encarta. (2009) se realiza por medio de unidades empleadas para medir cuantitativamente toda clase de fenómenos electrostáticos y electromagnéticos, así como las características electromagnéticas de los componentes de un circuito eléctrico. Las unidades eléctricas empleadas en técnica y ciencia se definen en el Sistema Internacional de unidades. Sin embargo, se siguen utilizando algunas unidades más antiguas.

#### 2.1.2.2 Unidades del sistema internacional

Según Encarta. (2009) el vatio (en inglés y también en español: watt) es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W.

Es el equivalente a 1 julio sobre segundo (1 J/s) y es una de las unidades derivadas. Expresado en unidades utilizadas en electricidad, un vatio es la potencia eléctrica producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1 voltiamperio).

La potencia eléctrica de los aparatos eléctricos se expresa en vatios, si son de poca potencia, pero si son de mediana o gran potencia se expresa en kilovatios (kW) que equivale a 1000 vatios. Un kW equivale a 1,35984 caballos de vapor.

### **2.1.2.3 Kilovatio hora**

Para Encarta (2009) es la unidad de energía que representa el trabajo realizado o la energía consumida por una máquina de 1 kilovatio de potencia funcionando durante una hora. Se simboliza por kW·h o por kWh.

Según la definición,  $1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ W} \times 3.600 \text{ s} = 3.600.000 \text{ J}$  (julios). Se trata, por tanto, de una unidad de energía y no de potencia. El consumo de energía eléctrica facturado en los recibos de las compañías eléctricas se expresa en esta unidad.

## **2.2 Generador**

Según Encarta (2009) Son un grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dinamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

Dos principios físicos relacionados entre sí sirven de base al funcionamiento de los generadores y de los motores. El primero es el principio de la inducción descubierto por el científico e inventor británico Michael Faraday en 1831. Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se establece o se induce una corriente eléctrica en el primer conductor.



El principio opuesto a éste fue observado en 1820 por el físico francés André Marie Ampère. Si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica sobre el conductor. Véase Magnetismo.

La máquina dinamoeléctrica más sencilla es la dinamo de disco desarrollada por Faraday, que consiste en un disco de cobre que se monta de tal forma que la parte del disco que se encuentra entre el centro y el borde quede situada entre los polos de un imán de herradura. Cuando el disco gira, se induce una corriente entre el centro del disco y su borde debido a la acción del campo del imán. El disco puede fabricarse para funcionar como un motor mediante la aplicación de un voltaje entre el borde y el centro del disco, lo que hace que el disco gire gracias a la fuerza producida por el campo magnético.

El campo magnético de un imán permanente sólo tiene fuerza suficiente como para hacer funcionar una dinamo pequeña o motor. Por ello, los electroimanes se emplean en máquinas grandes. Tanto los motores como los generadores tienen dos unidades básicas: el inductor, que crea el campo magnético y que suele ser un electroimán, y la armadura o inducido, que es la estructura que sostiene los conductores que cortan el campo magnético y transporta la corriente inducida en un generador, o la corriente de excitación en el caso del motor. La armadura es por lo general un núcleo de hierro dulce laminado, alrededor del cual se enrollan los cables conductores.

### **2.3 Energías renovables**

Pérez, M. (2006) Indica que se entiende por energías renovables aquellas que de administrarse de manera adecuada pueden explotarse ilimitadamente ya que su cantidad disponible en el mundo no disminuye a medida que se aprovechan, son llamadas también energías alternativas, blandas o limpias y engloban una serie de

fuentes energéticas alternas y equivalentes a las fuentes de energía tradicional con lo cual se pretende producir un impacto ambiental mínimo, además de no agotar su existencia con el paso del tiempo, entre estas energías tenemos: la hidroeléctrica; eólica; solar térmica; solar fotovoltaica; mareomotriz; geotérmica; de biomasa y su derivada el biogás.

### **2.3.1 El Biogás**

Según Encarta, (2009) Éste término que se aplica a la mezcla de gases que se obtienen a partir de la descomposición en un ambiente anaerobio (sin oxígeno) de los residuos orgánicos, como el estiércol animal o los productos de desecho de los vegetales. En este proceso realizado por bacterias, se libera una mezcla de gases formada por metano (el principal componente del biogás), dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y ácido sulfhídrico. Es un combustible económico y renovable; se utiliza en vehículos de motor, para mezclar con el gas del alumbrado y para usos industriales y domésticos. La producción de biogás, además de aprovechar materia considerada como desperdicio, origina como subproducto un fertilizante de calidad excelente. El biogás tiene mucha importancia en los países en desarrollo, y en los industrializados está aumentando la atención por este combustible para intentar reducir la dependencia actual del petróleo

.El biogás está constituido por un conjunto de gases, entre los cuales se encuentra el Metano ( $\text{CH}_4$ ), Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), principalmente, y también otros gases en menos proporción como Hidrogeno ( $\text{H}_2$ ), Sulfuro de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ), Nitrógeno ( $\text{N}$ ) y Oxigeno ( $\text{O}$ ).

Este gas puede generar combustión debido a la proporción de metano que contiene y puede ser empleado en generadores que funcionan especialmente con biogás.

El biogás es aprovechado en varios países como China y la India, aunque actualmente lo es también en Estados Unidos y Alemania. En Guatemala se ha utilizado para combustible pero muy poco para generación de energía eléctrica.

### **2.3.2 Biodigestor**

El biodigestor es una estructura que puede ser construida de manera sencilla, como biodigestores de Nylon, hasta biodigestores muy sofisticados de gran tamaño con sistemas de homogenización de lodos y control de temperatura. Pero independientemente del tipo, el objetivo es el mismo: captar el biogás resultante de las reacciones anaerobias del material orgánico en descomposición. Una reacción anaerobia no es más que una reacción en ausencia de oxígeno.

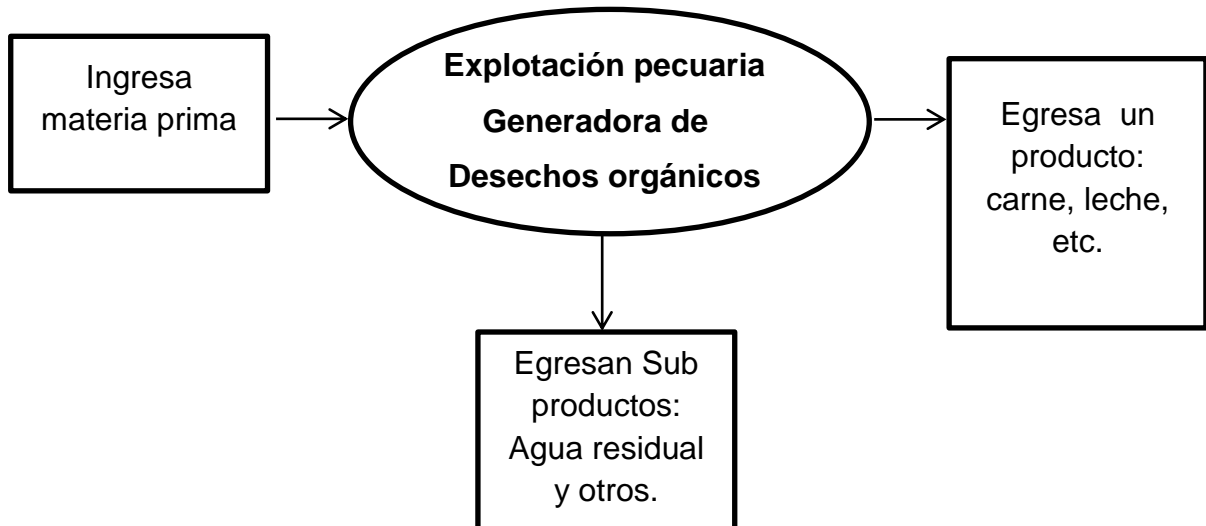
### **2.4 Proceso para la generación de energía eléctrica a partir de biogas**

La generación de energía eléctrica a partir del biogás, consiste en los siguientes pasos, a partir de los cuales se definen los rubros de inversión:

- Captar el agua residual rica en materia orgánica proveniente de una explotación pecuaria, esta agua y material orgánico son el resultado del proceso de la explotación, cuya operación genera estiércoles que son manejados con agua y conducidos a drenajes.
- Posterior a la captación, someter el agua residual, a una biodigestión (fermentación) anaeróbica dentro de un biodigestor, el cual no es más que un tanque que capta los gases que libera la materia orgánica en descomposición. El metano es uno de los gases captados y posee la capacidad de producir combustión, cualidad que le permite hacer funcionar un motor de combustión interna.
- Luego se debe extraer el gas y utilizarlo como combustible para accionar un generador eléctrico.

- Producir energía eléctrica por medio del generador para su posterior aprovechamiento
- Conducir las aguas residuales para su posterior disposición.

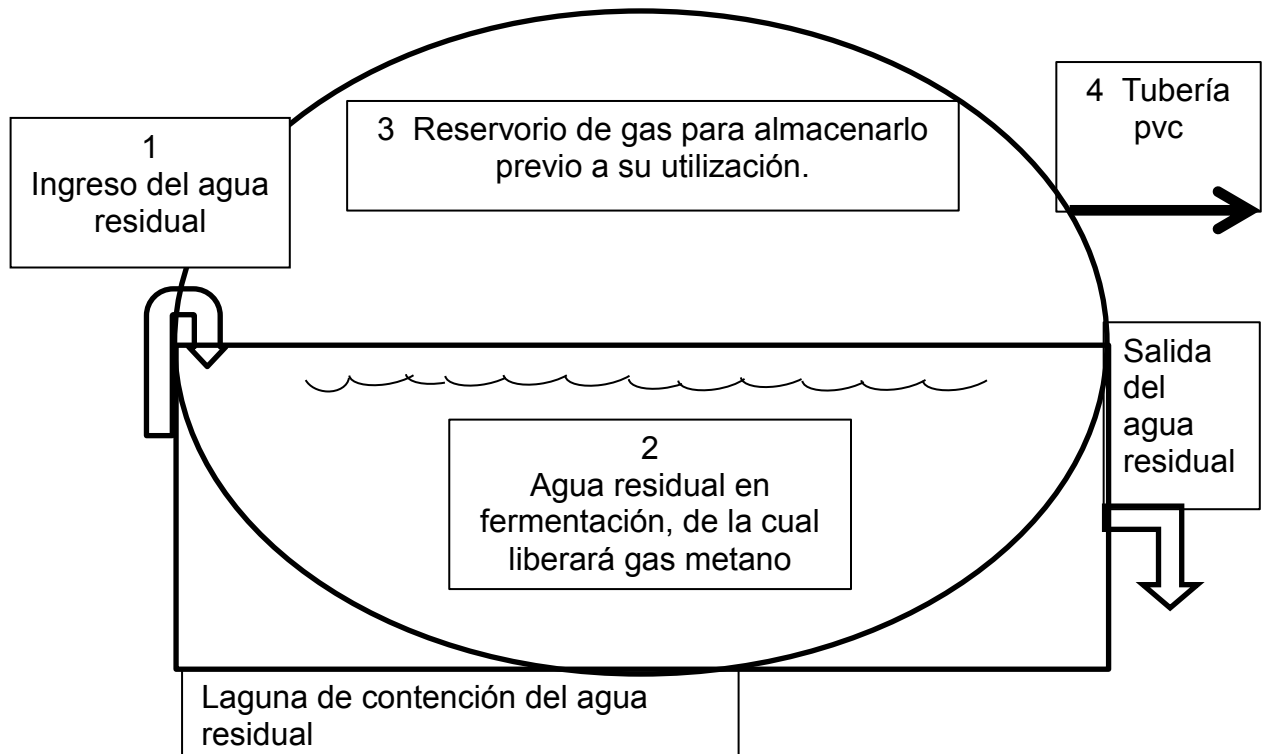
**Figura 1**  
**Diagrama de flujo del ingreso y egreso de materiales al proceso de explotación pecuaria**



Fuente: Elaboración propia.

La figura número 1 muestra el flujo de materiales hacia una unidad productiva, donde ingresan materias primas y egresan tanto productos como subproductos, estos últimos pueden tener potencial productivo como en el caso de las aguas residuales que egresan de las explotaciones pecuarias.

**Figura 2**  
**Esquema de un biodigestor con membrana**



Fuente: Elaboración propia.

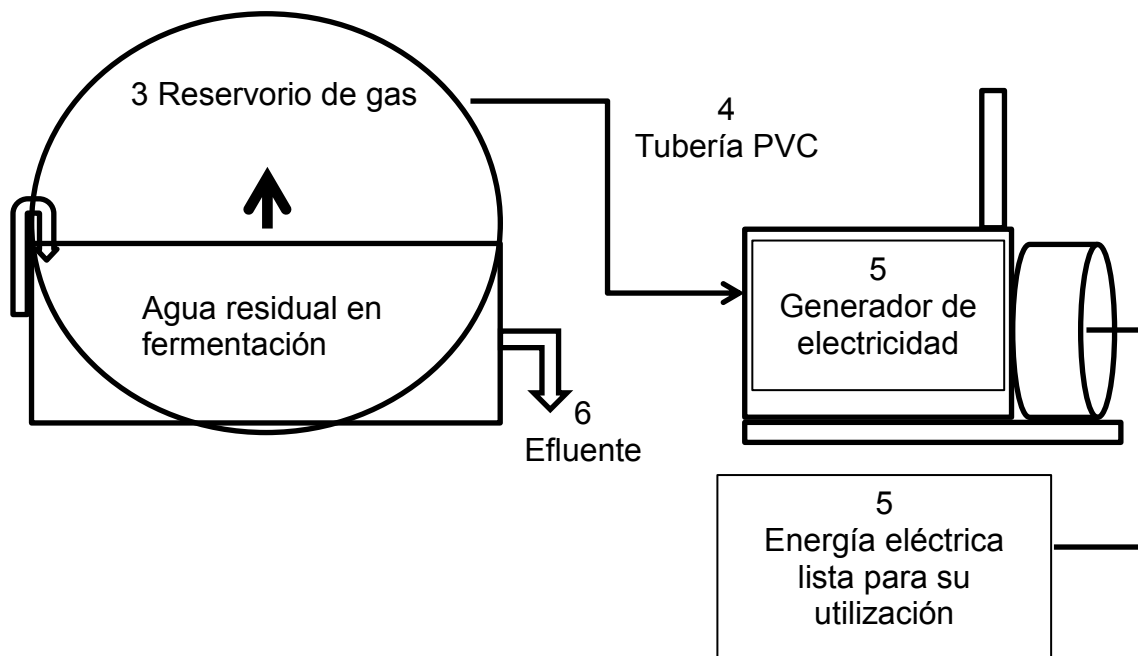
En la figura 2 se presenta el esquema básico de un biodigestor, de acuerdo al siguiente proceso:

1. Como primer paso se recibe agua residual rica en materia orgánica, en un espacio hermético constituido por una laguna recubierta por una membrana diseñada para este fin.
2. Luego de recibir el agua esta se deja permanecer en este espacio para que durante la descomposición que se da de manera natural, el material orgánico libere los gases propios de este proceso, este conjunto de gases es conocido como "biogás", el cual contiene un 60 a 80% de gas metano el cual constituye el combustible para accionar el motor del generador.

3. El gas se almacena en un reservorio constituido por una bolsa de gas que se forma dentro de la membrana, por lo que este reservorio se ubica sobre el mismo espacio de fermentación y el gas se conduce por su propia presión a través de una tubería de pvc. Como se observa en los numerales 3 y 4 de la figura 3.

**Figura 3**

**Flujo del sistema para captación de biogás y su aprovechamiento para generar energía eléctrica**



Fuente: Elaboración propia.

La figura 3, muestra de manera sencilla como el flujo de gas producido por el biodigestor se conduce hacia el generador lo cual se expone a continuación:

4. Por medio de una tubería de PVC, el gas se conduce al generador para ser utilizado como combustible.
5. Se acciona el generador por medio del gas y se genera energía eléctrica.
6. Las aguas residuales que salen del biodigestor llamadas “efluente”, se conducen para su posterior disposición.

La unidad para esta propuesta tiene capacidad de trabajar en función de una producción de 24 metros cúbicos de agua residual en adelante, esto equivaldría a granjas que trabajen a partir de 1500 cerdos de engorde en adelante.

## 2.5 Finanzas

Besley et al. (2009), indican que en términos generales, las finanzas conciernen a las decisiones que se toman en relación con el dinero o con más exactitud con los flujos de efectivo. Las decisiones financieras tienen que ver con cómo se recauda el dinero y cómo lo usan las empresas, los gobiernos y los individuos. Con el fin de tomar decisiones financieras usted debe entender tres conceptos generales, aunque razonables, si todo se mantiene igual:

- ✓ Se prefiere más valor a menos.
- ✓ Cuanto más pronto se reciba el efectivo más valioso es.
- ✓ Los activos con menos riesgo son más valiosos o preferidos que los activos con más riesgo.

Una empresa con administración financiera acertada, ofrece mejores productos a sus clientes, a precios más bajos, paga salarios más altos a sus empleados, y aun así entrega mayores ingresos a sus inversionistas, quienes aportan los fondos necesarios para formar y operar el negocio. Debido que la economía



nacional como internacional está compuesta por clientes, empleados e inversionistas, la administración financiera sensata contribuye al bienestar general.

### **2.5.1 Áreas generales de las finanzas**

El estudio de las finanzas consiste en cuatro áreas interrelacionadas:

- a) Mercados e instituciones financieras.
- b) Inversiones.
- c) Servicios financieros.
- d) Administración financiera.

### **2.5.2 Administración financiera (empresarial)**

La administración financiera se enfoca en las decisiones que las empresas toman, respecto de sus flujos de efectivo. En consecuencia, la administración financiera es importante en cualquier tipo de empresas, sean públicas o privadas, que manejen servicios financieros o fabriquen productos. El tipo de tareas que abarcan la gama de la administración financiera va desde tomar decisiones como ampliar la planta hasta la manera de financiar tal ampliación.

## **2.6 Presupuesto de capital**

Es el proceso de planear y evaluar la inversión en activos cuyos flujos de efectivo se espera que se extiendan más allá de un año. Aquí el término capital se refiere a los activos fijos que se utilizaran en la producción, mientras que un presupuesto es un plan que detalla los flujos de ingreso y egreso proyectados durante algún período futuro. Por lo tanto, el presupuesto de capital es una descripción de las inversiones planeadas en activos fijos y la presupuestación de capital o la elaboración del presupuesto de capital es el proceso de analizar proyectos y decidir 1) cuales inversiones son aceptables, y 2) cuales en realidad se deben comprar.

Varios factores se combinan para hacer que las decisiones de elaboración de presupuesto de capital figuren entre las más importantes que deben tomar los gerentes de finanzas. Primero, el impacto de la presupuestación de capital es a largo plazo; por consiguiente la empresa pierde cierta flexibilidad de toma de decisiones cuando se compran proyectos de capital. Por ejemplo cuando una empresa invierte en un activo con una vida económica de diez años, sus operaciones se ven afectadas durante ese mismo período, debido al costo de oportunidad de dicha inversión, además dado que la expansión de activos se relaciona de manera fundamental con las ventas futuras esperadas, una decisión de comprar un activo fijo que espera que dure 10 años incluye un pronóstico implícito de las ventas de 10 años.

Un error en el pronóstico de los requerimientos de activos puede tener consecuencias serias. Si la empresa invierte demasiado en activos, incurrirá de manera innecesaria en fuertes inversiones, pero si no invierte lo suficiente en activos fijos, podría encontrar que la producción ineficiente y la capacidad inadecuada llevan a ventas perdidas que es difícil, si no imposible recuperar.

Además de ello la presupuestación de capital es importante porque por lo general la adquisición de activos fijos implica inversiones significativas y antes de que una empresa pueda invertir una cantidad fuerte de dinero, debe gestionarlos fondos disponibles.

Las grandes cantidades de dinero no se consiguen en forma automática. Por tanto una empresa debe tener contemplado un programa mayor de inversión de capital, debe ordenar su financiamiento con bastante anticipación para asegurarse de que los fondos requeridos estén disponibles.

## **2.7 Utilidad neta**

Según Besley et al. (2009), aunque dos empresas posean estructuras operativas idénticas, es decir instalaciones, empleados y métodos de producción, pueden

financiarse de maneras distintas, una podría utilizar sólo deuda y otra solo acciones. Los pagos de interés para los acreedores son deducibles de impuesto, los pagos de dividendos a los accionistas no lo son. Una empresa que se financia con deuda tendrá gastos mayores que son deducibles de impuestos, como resultado de los pagos de intereses y por consiguiente reportará una utilidad neta menor que la de la empresa que se financia sólo con acciones. Es por ello que es conveniente que al comparar operaciones de dos empresas, se examine la utilidad de operación neta NOI por sus siglas en inglés (*Net operating income*), también conocida como UAI utilidad antes de impuesto e intereses, porque esta cifra representa el resultado de las operaciones normales antes de considerar los efectos de la estructura financiera de la empresa; Asimismo, los inversionistas suelen enfocarse en la utilidad neta que una empresa genera cuando tratan de determinar lo bien que se ha desarrollado la organización durante un período específico. Pero si a los inversionistas les interesa saber si la dirección tiene como meta maximizar el precio por acción de la empresa, la utilidad neta quizá no sea el parámetro que se deba utilizar.

Para la mayoría de empresas el estado de resultados se genera mediante el método contable basado en valores devengados, es decir, los ingresos se reconocen cuando se han ganado, no cuando se recibe el efectivo y los gastos se reconocen cuando se incurren, no cuando se paga el efectivo. En consecuencia, no todos los montos mostrados en el estado de resultados representan flujos de efectivo, es importante recalcar que el valor de una inversión como el precio de las acciones de una empresa es determinado por los flujos de efectivo que genera.

Por tanto, a pesar de que la utilidad neta de una empresa sea importante, los flujos de efectivo lo son aún más, puesto que el efectivo se necesita para continuar con las operaciones normales del negocio, como el pago de obligaciones

financieras, la compra de activos y el pago de dividendos. Por consiguiente, en finanzas el enfoque debe ser en los flujos de efectivo y no en la utilidad neta.

Se debe considerar también los rubros que no representan efectivo como la depreciación. El pago de efectivo para adquirir un activo fijo, como un edificio, tiene lugar cuando el activo se compra, pero debido a que el activo se utiliza para generar ingresos y su vida se extiende por más de un año, la depreciación es el método que se utiliza para conciliar la disminución en el valor del activo y los ingresos que tal activo ayuda a generar.

Cuando una empresa vende sus productos en efectivo y paga de la misma forma todos sus gastos reportados en su estado de resultados, salvo la depreciación y la amortización, su flujo neto de efectivo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Flujo Neto de Efectivo} = \text{UTILIDAD NETA} + \text{DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN}$$

Esta ecuación se utiliza para calcular el flujo de efectivo neto generado por una empresa, incluso cuando los clientes no han pagado sus compras o la empresa no ha pagado a los proveedores, los salarios de los empleados y otros. En tales casos, esta ecuación se puede utilizar sólo para estimar el flujo de efectivo neto generado por la empresa. Para obtener una mejor estimación del flujo neto, así como para examinar con detalle cuáles son las acciones de la empresa que proporcionaron efectivo y qué acciones utilizaron efectivo, se debe elaborar un estado de flujo de efectivo.

## **2.8 Estados financieros proyectados**

Según Besley et al. (2009), como su nombre lo indica, consisten en la elaboración de los estados financieros de manera proyectada, partiendo de las ventas, con el objeto de estudiar el comportamiento del proyecto o empresa en el futuro según

los datos conocidos, es importante elaborarlos con la ayuda de personas que conozcan el tema.

### 2.8.1 Balance general

Según Besley. S; Brigham.E. (2009) El balance general, representa una fotografía tomada en un momento específico o fecha, que muestra los activos de una empresa y como se financian los mismos ya sea con deuda o capital:

**Cuadro 1**  
**Esquema resumido del libro de balance general**

Balance general	
INVERSIONES	FINANCIAMIENTO
<b>Activos no corrientes ( a largo plazo)</b> Propiedad Planta y equipo	<b>Pasivos corrientes (deuda a corto plazo)</b> Cuentas por pagar Pasivo acumulado (salarios e impuesto) Documentos por pagar
<b>Activos corrientes ( corto Plazo)</b> Efectivo Cuentas por cobrar Inventario	<b>Pasivos no corrientes</b> Bonos corporativos
	<b>Patrimonio neto (de los accionistas)</b> Capital social Utilidades retenidas
<b>ACTIVO TOTAL = TOTAL PASIVO Y CAPITAL</b>	

Fuente: Ruiz. A. (2005).

Los activos representan las inversiones de la empresa y están clasificados como a corto o a largo plazo. Los activos corrientes incluyen los elementos que se

liquidarán y convertirán en efectivo en menos de un año, mientras que los activos fijos a largo plazo incluyen inversiones que ayudarán a generar flujos de efectivo en períodos más largos, los activos corrientes incluyen efectivo y equivalentes, cuentas por cobrar e inventario.

Los activos a largo plazo incluyen edificios y equipo utilizado para la operación. Para financiar estos activos la empresa emite deuda, capital (acciones) o ambas formas de financiamiento. La deuda representa los préstamos que la empresa tiene pendientes de pago, los cuales se dividen a su vez en deuda a largo y a corto plazo, la deuda a corto plazo se denomina pasivo circulante o pasivo a corto plazo e incluye las cuentas por pagar (cantidades adeudadas a proveedores), gastos devengados (cantidades adeudadas a empleados y gobierno) y documentos por pagar (cantidades adeudadas al banco). Los pasivos circulantes representan deuda pagadera a menos de un año.

La deuda a largo plazo incluye bonos e instrumentos similares que la firma emite y que son pagaderos en un período mayor de un año, se debe estudiar y definir de manera clara el porcentaje de deuda de largo y corto plazo que manejará la empresa.

El patrimonio neto representa la propiedad de los accionistas que a diferencia de la deuda no debe liquidarse. El capital contable total es la cantidad que se pagaría a los accionistas en caso de que los activos de la empresa se pudieran vender a los valores reportados en el balance general y su deuda se liquidaría según los valores reportados en el mismo balance. Por lo tanto el capital contable de los accionistas o valor neto, es igual al total de los activos menos el total de los pasivos. Sin embargo, suponiendo que no todas las cuentas por cobrar se pudieran cobrar o que alguna parte del inventario se tuviera que vender por menos de la cantidad mostrada en el balance general.

Si los pasivos permanecieran constantes, el valor del capital contable de los accionistas disminuiría debido a que los acreedores de la empresa (titulares de la deuda) querrían que se les pagara la cantidad total que se les adeuda antes de pagar cualquier cantidad a los accionistas. No obstante, si el valor de un activo aumenta, estos beneficios repercutirán exclusivamente en los accionistas. El cambio en el valor neto de la empresa está reflejado por los cambios en el rubro de utilidades retenidas; si las deudas incobrables se anulan de la sección de activos del balance general, el saldo de las utilidades retenidas se reducirá en la sección de capital.

La sección de capital contable está compuesta por dos cuentas: capital social y utilidades retenidas. La cuenta capital social muestra la cantidad que los accionistas pagan a la empresa cuando ésta emite acciones para recaudar fondos.

La cantidad que aparece en la sección de utilidades retenidas representa efectivamente la cantidad total de ingresos que la empresa ha ahorrado y reinvertido en sus activos desde que la empresa inició su operación. Es importante observar que la cantidad reportada en el balance en el rubro de utilidades retenidas muestra la cantidad acumulada de ingresos que la empresa ha conservado en lugar de pagarla como dividendos a lo largo de los años.

Es importante que en el balance general se enlisten los activos en función de su liquidez, es decir el tiempo que se requiere para convertirlos en efectivo. En el caso de las deudas (pasivos y acciones) se enlistan en función de cuál se debe pagar primero. Las cuentas por pagar se deben saldar en menos de 30 o 45 días, los gastos devengados son pagaderos en menos de 60 o 90 días. Hasta llegar a los rubros del capital contable de los accionistas, que representan la propiedad y no requieren liquidarse. Esta práctica de enlistar en este orden los activos y pasivos inició en el siglo XV cuando Luca Pacioli sugirió que los elementos se debían enlistar con base en su movilidad, así el efectivo y otros activos que se

pueden convertir con facilidad en efectivo se deben enlistar primero en los libros contables.

Los datos de un balance general también pueden expresarse en porcentaje, a este se le llama balance general en porcientos, este tipo de balance permite comparar los datos con empresas más grandes o más pequeñas o con los resultados de la misma empresa a lo largo del tiempo.

### **2.8.2 Estado de resultados**

Según Besley. S; Brigham. E. (2009) Presenta los resultados de las operaciones de negocios durante un período específico, como un trimestre o un año. Resume los ingresos generados y los gastos en que la empresa incurrió durante un período contable. Las ventas netas se muestran en la parte superior del documento, seguidas por los diferentes costos, incluido el impuesto al ingreso o impuesto sobre la renta, que se resta para determinar la utilidad neta o ingreso neto disponible para los accionistas comunes. El reporte de las utilidades y dividendos por acción aparece en la parte inferior del estado de resultados. En administración financiera, las utilidades por acción (UPA) reciben el nombre de resultado final debido a que éste suele considerarse el rubro más importante del estado de resultados.

### **2.9 Flujo de caja**

Según Sapag (2007) Existen varias formas de construir el flujo de caja de un proyecto, dependiendo de la información que se desee obtener, ya sea medir la rentabilidad del proyecto, la rentabilidad de los recursos propios invertidos en él o la capacidad de pago de un eventual préstamo para financiar la inversión. Por ello la estructura que deberá asumir el flujo de caja dependerá del objetivo perseguido con la evaluación.



Un factor de mucha relevancia en la confección correcta de un flujo de caja es la determinación del horizonte de evaluación que, en una situación ideal debiera ser igual a la vida útil real del proyecto, activo, o del sistema que origina el estudio. De esta forma la estructura de costos y beneficios futuros de la proyección estaría directamente asociada con la ocurrencia esperada de los ingresos y egresos de caja en el total del período involucrado.

Sin embargo, la mayoría de veces no es posible, ya que el ciclo de vida real puede ser tan largo, que hace imposible confiar en las proyecciones más allá de cierto plazo, o porque la comparación de alternativas de vidas útiles muy distintas hace conveniente optar por los criterios que se adecuen a cada situación; por ejemplo, el período de producción requerido si existe contrato de por medio; la vida útil de la alternativa de vida más corta, si hay una clara tendencia a la innovación en sus características técnicas; o las propias políticas internas de la empresa.

La importancia del ciclo de vida de los proyectos se manifiesta también en que determinará el procedimiento que se deberá seguir para su evaluación. En ese sentido se pueden identificar la existencia de alternativas con igual vida útil, con vidas útiles distintas donde existe repetitividad perpetua mediante reinversiones en iguales tecnologías o vidas útiles distintas, en la que al menos una de las opciones no coincide con el período de evaluación.

El flujo de caja se estructura en varias columnas que representan los momentos que generan los costos y beneficios de un proyecto; cada momento refleja dos cosas, los movimientos de caja ocurridos durante un período, generalmente de un año y los desembolsos que deben estar realizados, para que los eventos del siguiente año puedan ocurrir.

Si el proyecto se evaluará en un horizonte de tiempo de diez años, se deberá construir un flujo con once columnas, una por cada año de funcionamiento y otra por todos los desembolsos previos a la puesta en marcha, esta última va antes

que las demás y se le conoce como momento cero e incluye el calendario de inversiones.

El calendario de inversiones corresponde a los presupuestos de todas las inversiones que se efectúan antes del inicio de la operación que se espera realizar con la implementación del proyecto.

## **2.10 Herramientas para la evaluación financiera**

Son herramientas que permiten evaluar las inversiones de una manera objetiva y técnica, es decir, ayudan a determinar si la opción de inversión es la mejor en términos del período de tiempo que requerirá para recuperar la inversión, el rendimiento esperado, cuál es la tasa máxima de descuento que puede tolerar el proyecto sin dejar de ser rentable.

### **2.10.1 Valor presente neto (VPN)**

Según Besley et al. (2009) Es una herramienta financiera que hace uso del concepto del valor del dinero en el tiempo, que compara el valor del proyecto con el precio de compra o inversión inicial del proyecto. Basándose en que el valor de un activo puede ser determinado calculando el valor presente de los flujos de efectivo que se espera que genere durante su vida, si se resta o suma un flujo de efectivo negativo, el cual constituye el precio de compra del activo o inversión inicial al valor presente de los flujos de efectivo futuros previstos, el resultado será el valor neto en dinero o el beneficio neto que representa a la empresa la compra del activo. Este beneficio neto se conoce como el valor presente neto (VPN) de los activos. El VPN muestra cuánto aumentará el valor de la empresa y por cuanto se incrementará la riqueza de los accionistas si se compra el proyecto de presupuesto de capital.

Si el cálculo del beneficio neto sobre la base del valor presente (VPN) es positivo, entonces se considera que el proyecto es una inversión aceptable. En otras palabras, para determinar la aceptabilidad de un proyecto se utiliza la técnica del VPN, donde para decidir se aplica la regla siguiente: Un proyecto es aceptable si VPN es mayor que cero.

El punto importante es definir los flujos de efectivo de la manera más precisa.

La ecuación del VPN es:

$$\text{VPN} = - (\text{Flujo inicial}) + \frac{FE_1}{(1+r)^1} + \frac{FE_2}{(1+r)^2} + \frac{FE_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{FEn}{(1+r)^n}$$

Dónde:

- $F_n$  son los flujos de efectivo sucesivos a través de los años.
- “ $r$ ” es la tasa de rendimiento requerida.

Y los superíndices son equivalentes al período de tiempo.

### 2.10.2 Tasa interna de retorno (TIR)

De acuerdo con Besley et al. (2009) Conocida también como tasa interna de rendimiento y se define como la tasa de descuento que hace que el valor presente de los flujos de efectivo esperados de un proyecto sea igual al monto inicial invertido. En tanto que la TIR del proyecto, que es su rendimiento esperado, sea mayor que la tasa de rendimiento requerida por la empresa para dicha inversión, el proyecto es aceptable. Dicho de otra forma, para determinar si un proyecto es aceptable mediante la utilización de la técnica de la TIR, se aplica la siguiente regla:

Un proyecto es aceptable si  $TIR > r$

Donde  $r$  = Tasa de rendimiento requerida.

La ecuación para la TIR es:

$$VPN = - (FE_0) + \frac{FE_1}{[(1+TIR)^1]} + \frac{FE_2}{[(1+TIR)^2]} + \frac{FE_3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{FE_n}{(1+TIR)^n}$$

Dónde:  $FE_0$  es la inversión o desembolso inicial.

### 2.10.3 Período de recuperación de la inversión (PER)

Es la cantidad de tiempo que transcurrirá para que el proyecto retorne la inversión realizada; se expresa en años.

Para determinarlo se suman los flujos de efectivo esperados para cada año, hasta que el valor acumulativo equivalga a la cantidad que se invirtió de manera inicial.

El tiempo total, incluyendo la fracción de año que toma recuperar la cantidad total invertida.

### 2.10.4 Tasa de rendimiento requerida (Trr)

Según Besley et al. (2009) Es llamada también tasa de rendimiento mínima, ésta es el costo del capital, debido a que es la tasa promedio que se debe pagar por los fondos utilizados para la compra de proyectos. Esta tasa es la utilizada para descontar los flujos de efectivo para obtener el valor actual neto; asimismo, es la tasa que debe superar la tasa interna de retorno para que el proyecto sea viable.

Esta tasa también es llamada tasa de rendimiento mínima aceptada

#### **2.10.4.1 Determinación de la tasa rendimiento requerida**

La tasa de retorno mínima aceptada se determina en función de la sumatoria de la tasa de riesgo país, la tasa de inflación anual y del costo de oportunidad del capital, la cual está constituida por la mejor inversión que el inversionista deja de tomar.

#### **2.11 Análisis de viabilidad de la inversión por escenarios**

Según Martínez, (2013) Se trata de la técnica que permite llevar a cabo la valoración de los proyectos de inversión considerando que una o más de las variables que se utilizan para la determinación de los flujos netos de caja no son variables ciertas, sino que pueden tomar varios valores, lo que dará lugar a la consideración de diversos escenarios. Por tanto la utilización de esta técnica permite introducir el riesgo en la valoración de los proyectos de inversión.

El hecho de que los flujos netos de caja que se generan en un proyecto de inversión, o incluso la duración de los mismos, no sean variables ciertas, dado que su cálculo se basa en estimaciones, hace que el análisis de los proyectos de inversión en condiciones de certeza no sea suficiente y deba ser completado teniendo en consideración el riesgo.

La definición de los escenarios posibles se hace basándose en las distintas concreciones que pudieran tomar a lo largo de la vida del proyecto de inversión una serie de variables, manteniéndose el resto constantes.

VARIABLES tales como la duración del proyecto de inversión, la inversión inicial, o la evolución de los ingresos o de los gastos operativos, pueden verse afectadas por factores ajenos externos al proyecto de inversión, así como por la evolución de la coyuntura económica. De esta forma, dependiendo del valor que tomen estas

variables, los Flujos Netos de Caja (FNC) asociados al proyecto de inversión objeto de análisis variarán.

Se pueden definir tantos escenarios como se deseen. Para ello sólo es preciso hacer variaciones en las hipótesis que determinan el valor de las variables de referencia para la estimación de los Flujos Netos de Caja. Puesto que algunas de las variables pueden guardar relación entre sí, lo lógico es definir los nuevos valores de dichas variables, de tal forma que la combinación de los mismos sea coherente con el escenario que se quiere definir.

Lo habitual es llevar a cabo el análisis de escenarios definiendo, además del escenario “más probable” o “caso base”, dos escenarios adicionales, el escenario “optimista” y el “pesimista”:

- Escenario más probable o caso base: Es el escenario que se espera que tenga lugar con mayor probabilidad. Las hipótesis para la estimación de las variables que intervienen en la determinación de los Flujos Netos de Caja se han hecho tratándose de ajustar a lo que se espera que acontezca a lo largo del horizonte de planificación del proyecto de inversión.
- Escenario optimista: En este contexto, se considera que algunas, o todas, las variables que han servido de referencia para la configuración del escenario “más probable” o “caso base” puedan concretarse a lo largo del horizonte de planificación, tomando valores que mejoran las previsiones iniciales recogidas en el “escenario más probable” o “caso base”. Por ejemplo: reducción del valor de la inversión inicial, incremento de la cifra estimada de ingresos, reducción de los gastos operativos...
- Escenario pesimista: De forma similar al escenario anterior, en este caso las variables que han servido de referencia para la configuración del escenario “más probable” o “caso base” pueden concretarse a lo largo del horizonte de planificación, tomando valores que empeoran las previsiones iniciales. Por

ejemplo: aumento del valor de la inversión inicial, reducción de la cifra estimada de ingresos, incremento de los gastos operativos

Para la definición de cada escenario no es necesario que varíe el valor de todas las variables de referencia, pero sí, al menos, el de una de ellas, pudiéndose mantener el resto constantes. Así, en el caso de la definición del escenario optimista podrían, entre otras opciones, incrementarse las ventas, reducirse los gastos variables o los fijos operativos, reducirse la inversión inicial, incrementarse el valor de la desinversión final, o disminuirse la variación del fondo de maniobra. Por tanto, las expectativas futuras de evolución de las variables son mejores a las inicialmente previstas. Mientras que en el caso del escenario pesimista podrían, entre otras alternativas, reducirse las ventas, incrementarse los gastos variables o los fijos operativos, aumentarse la inversión inicial, disminuirse el valor de la desinversión final, o incrementarse la variación del fondo de maniobra. Es decir, las expectativas futuras de evolución de las variables son peores a las inicialmente previstas. Los incrementos o decrementos de los valores que toman las variables de referencia siempre se tienen en cuenta en comparación con el valor que toman las mismas variables en el escenario “más probable” o “caso base”.

Una vez definidos los distintos escenarios, en función de los valores que tomarán en cada uno de ellos las variables de referencia, el siguiente paso consiste en estimar los distintos Flujos Netos de Caja que se generarían cada año en cada uno de los escenarios definidos.

A partir de ahí, para analizar la rentabilidad del proyecto de inversión, habría que calcular tanto el Valor Actual Neto (VAN), como la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), para cada uno de los escenarios definidos.

### **3 METODOLOGÍA**

La Metodología contiene la explicación en detalle de qué y cómo se hizo para resolver el problema de la investigación relacionada con el análisis de viabilidad financiera de generación de energía eléctrica a través del uso de biogás en el sector pecuario. Comprende: Definición del problema, objetivos general y específicos, hipótesis y especificación de las variables, diseño utilizado, método científico, instrumentos de medición aplicados, técnicas de investigación documental y de campo utilizadas y en general la metodología presenta el resumen del procedimiento usado en el desarrollo de la investigación.

#### **3.1 Definición del problema**

En Guatemala no se ha aprovechado adecuadamente el potencial de las aguas residuales resultantes de explotaciones pecuarias, como materia prima para la generación de energía eléctrica a través del uso de biogás.

#### **3.2 Justificación del problema**

En Guatemala las explotaciones del sector pecuario desperdician el potencial de las aguas residuales, que obtienen como resultado de sus procesos productivos, estas aguas residuales ricas en desechos orgánicos, poseen características que permiten su aprovechamiento como un recurso en actividades productivas. Tal es el caso de la generación de energía eléctrica a partir del uso de biodigestores.

Varias de estas empresas no se responsabilizan de sus desechos orgánicos otras con una planificación estratégica con clara visión de responsabilidad social si efectúan el tratamiento de desechos pero en ambos casos pasan desapercibidos valiosos recursos, al no aprovechar el potencial energético de estos materiales, potencial muy valioso dado el alto costo de los combustibles fósiles y de la energía eléctrica, los cuales se interrelacionan fuertemente y tienen una tendencia al incremento en su precio.



Existen generadores para la producción de energía eléctrica, cuyo combustible lo constituye gas metano proveniente de la descomposición de desechos orgánicos, este gas, tiene un poder de combustión apto para estos equipos, por lo que al captarse y utilizarse en el generador, produce energía, que puede sustituir el uso de energía de la red eléctrica convencional, de allí que se han realizado proyectos en otros países, pero en Guatemala aún se requiere investigación acerca de la viabilidad financiera de este tipo de proyectos para nuestras condiciones, esta información podría estimular la implementación de esta tecnología, por lo cual esta investigación pretende reforzar temas productivos para las explotaciones que generan desechos orgánicos además de realizar un aporte ambiental puesto que el tratamiento de aguas por medio de biodigestores reduce los niveles de contaminación de las mismas de manera significativa.

### **3.3 Objetivos**

Para guiar la investigación se definieron los siguientes objetivos.

#### **3.3.1 Objetivo general**

Evaluar la viabilidad financiera de la generación de energía eléctrica a partir del uso de biogás resultante del tratamiento de aguas residuales en empresas del sector pecuario del área central de Guatemala.

#### **3.3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el presupuesto de capital y la inversión inicial necesaria previa a la puesta en marcha;
- ✓ Determinar la cantidad de energía eléctrica a obtener.
- ✓ Determinar beneficios de la inversión y valores de desecho;
- ✓ Definir los elementos de ingresos y egresos del flujo de caja;
- ✓ Determinar el flujo de fondos proyectado a cinco años;
- ✓ Determinar la tasa de rendimiento mínima aceptable, TREMA, para la propuesta de inversión;
- ✓ Realizar la evaluación financiera de la propuesta de inversión a través del Valor Actual Neto, VAN; Tasa Interna de Retorno, TIR; Período de Recuperación de la Inversión, PRI; y el análisis de escenarios.

### 3.4 Hipótesis

La evaluación financiera de la generación de energía eléctrica a partir del uso de biogás resultante del tratamiento de aguas residuales en empresas del sector pecuario del área central de Guatemala, determina que la inversión es viable.

#### 3.4.1 Especificación de variables

##### **Como Variables independientes:**

- ✓ Cantidad de energía eléctrica a generar.
- ✓ Flujos de efectivo operacionales

##### **Como variables dependientes:**

Constituidas por las herramientas de evaluación financiera: Valor Actual Neto, VAN, Tasa Interna de Retorno, TIR, y Período de recuperación de la inversión, PRI; y, el análisis de escenarios.

### 3.5 Método científico

Para realizar la investigación sobre la generación de energía eléctrica en explotaciones pecuarias en Guatemala, se utilizó el método científico en sus tres fases.

- **Etapa indagatoria**

En esta fase se planificó y ejecutó la recolección de datos que conllevo al descubrimiento de evidencias referentes a los costos e ingresos resultantes de la generación de energía eléctrica a partir del biogás y también de los costos de la adquisición de energía de la manera convencional.

Dicha recolección de datos se dio a través de entrevistas e investigaciones de campo.

- **Etapas demostrativa**

Se realizaron análisis de los datos de consumos de energía, valores presentes, estados financieros proyectados de la generación de energía y análisis financieros a través de valores presentes, y herramientas para evaluación. Con la información obtenida, se procedió a realizar un análisis teórico y práctico para definir el análisis comparativo final y así concluir en base a los objetivos planteados.

- **Etapas expositiva**

La propuesta definida se analizó junto con técnicos que han incursionado en el tema en el país, para continuar analizando los resultados obtenidos y a la vez realizar cambios que se consideren adecuados, para hacer que la propuesta se convierta en una opción viable de utilizar en el campo.

Finalmente el informe de tesis constituye la culminación de la fase expositiva.

### **3.6 Técnicas de investigación aplicadas**

Se aplicaron las técnicas de investigación siguientes:

#### **3.6.1 Técnicas de Investigación documental o bibliográfica**

Se consultaron sitios en línea, manuales en línea y algunos folletos, de los cuales se realizó un resumen para extraer información oportuna y acorde a la investigación. Entre la información consultada en línea, se accedió a la asociación española de biogás, ésta se dedica a trabajar proyectos de generación de energía eléctrica con biogás, este aporte es valioso debido a la experiencia y al conocimiento que esta asociación tiene acerca del potencial del biogás.

Se consultó también una tesis de la universidad de San Carlos de Guatemala referente al uso de biogás en el país.

El uso del internet como herramienta de investigación fue de gran utilidad y más aun teniendo conocimientos básicos del tema consultado, la consulta en internet permitió filtrar la información encontrada para tomar la que más se adaptó al requerimiento del caso. El internet también permitió obtener la opinión y experiencia que tienen otras personas en diversos países, siendo esto manera rápida aportando más datos que permitieron enriquecer y fortalecer el trabajo realizado.

### **3.6.2 Técnicas de investigación de campo**

A través de entrevistas se recopiló información de profesionales guatemaltecos, que han incursionado en el tema y que se han especializado a través de la experiencia.

La información obtenida por medio de esta técnica permitió obtener valiosos aportes debido a la experiencia de campo de los consultados ya que esta refleja la realidad, donde se combinan factores a favor y en contra de los proyectos. Especialmente en proyectos de generación de energía con biogás, puesto que se combinan disciplinas como el manejo de la electricidad, obra civil, manejo de volúmenes de aguas residuales entre otros temas, cada disciplina implica detalles importantes a tomar en cuenta que a la vez, implican flujos de efectivo que se deben incluir en los cálculos.

Como primer paso luego de recabar datos, se procedió a establecer el presupuesto del costo de la propuesta, posteriormente se calculó el ingreso por generación de energía eléctrica, el cual equivale a la reducción que se obtiene al no pagar la energía generada en la misma explotación. Con este ingreso adicional y el presupuesto, se elaboró el flujo de efectivo a partir del cual posteriormente se pudo realizar los cálculos respectivos para determinar el valor actual neto de la propuesta, la tasa interna de retorno y el período de recuperación de la inversión.

### **3.6.3 Definición de la muestra**

En el caso de los aspectos técnicos acerca de biodigestores, geomembranas y generadores de energía accionados a biogás, en Guatemala es muy escaso el número de personas que tienen conocimientos acerca del tema debido a que en nuestro país es un tema a que aún está en crecimiento, existiendo conocimiento general, pero pocos se han aventurado en la práctica, debido a ello no se estableció un número de individuos a entrevistar y se procedió a coleccionar información con empresas y profesionales conocidos en el medio pecuario, quienes ya han incursionado en la construcción de biodigestores, producción de biogás, manejo de generadores, generación de energía eléctrica, ya fuera en alguno de los temas anteriores o en todos en conjunto.

## 4 EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE BIOGÁS EN EL SECTOR PECUARIO

El análisis de viabilidad financiera de la generación de energía eléctrica a partir del uso de biogás resultante del tratamiento de aguas residuales en empresas del sector pecuario del área central de Guatemala, se realiza a través de las herramientas de evaluación financiera: Valor Actual Neto, VAN, Tasa Interna de Retorno, TIR, Período de recuperación de la inversión, PRI, y el análisis de riesgos de la inversión.

### 4.1 Presupuesto de capital

A continuación se presentan el resultado del análisis de materiales y costos para la implementación y funcionamiento del proyecto de generación de energía eléctrica a través de biogás.

**Cuadro 3**  
**Presupuesto de capital resumido**  
**Proyecto de generación de energía eléctrica con biogás.**  
**Cifras en quetzales**

<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Materiales	141,519.31
Mano de obra	125,480.90
Generador	249,600.00
<b>Inversión total</b>	<b>516,600.21</b>

**Cuadro 4**  
**Presupuesto de capital**  
**Proyecto de generación de energía eléctrica a partir de biogás**  
**Cifras en quetzales**

Descripción	Cantidad	Unidad	Total
<b>Materiales</b>			
Mts <sup>2</sup> Geomembrana HDPE LISA 1.5 mm	540.0		91,921.22
Tubos de 4" pvc 160 psi	16	245.00	3,920.00
Tapones de 4" pvc lisos	9	22.00	198.00
Coplas lisas pvc de 4"	4	25.50	102.00
Codos de 4" pvc a 45°	13	50.00	650.00
Pliegos de lija No 80 para agua	6	3.75	22.50
Galón de pegamento Tangit	1	460.00	460.00
Tubos de 6" para drenaje	18	227.00	4,086.00
Codos de 6" para drenaje a 45°	8	81.00	648.00
T de 6" para drenaje	3	91.00	273.00
Tubos pvc de 3"	5	150.00	750.00
Codos pvc de 3"	14	33.00	462.00
T de pvc de 3"	6	35.70	214.20
Llaves de pvc de 3" lisas	7	400.00	2,800.00
Coplas lisas pvc de 3"	6	24.50	147.00
Maquinaria para conformación de laguna	1	22,000.00	22,000.00
Materiales			128,653.92
Imprevistos 10%			12,865.39
<b>Total Materiales</b>			<b>141,519.31</b>
<b>Mano de obra</b>			
Ingeniería, diseño y asesoría			84,040.90
Supervisión de trabajos			22,400.00
Construcción			19,040.00
<b>Total mano de obra</b>			<b>125,480.90</b>
<b>Generador de energía</b>			<b>249,600.00</b>
Costo total del proyecto			516,600.21

Fuente: Elaboración propia.



El cuadro 4, detalla los materiales requeridos para implementar la infraestructura para la captación de aguas residuales, tanques para fermentar las aguas residuales, membrana para captación del gas, almacenamiento de gas y posterior conducción de aguas a otra etapa de tratamientos.

De manera general los desembolsos requeridos que se incluyen en el cuadro 2, están en función de dos segmentos:

- Obra gris y equipo para recibir aguas residuales, almacenarlas, fermentarlas en el biodigestor, captar el biogás, almacenarlo y finalmente captar aguas que egresan del sistema.
- Mano de obra para el diseño e implementación del proyecto.
- EL área del terreno para la implementación de la propuesta se toma como un costo hundido debido a que las empresas pecuarias por ley deben contar con lagunas para tratamientos de sus aguas residuales.

Cada segmento se analiza con más detalle a continuación:

#### **4.1.1 Obra gris y equipo**

Los materiales requeridos para un sistema de biodigestor de geomembrana y producción de gas de 395 mt<sup>3</sup> diarios combustible con el cual el generador puede trabajar 18 horas consumiendo 22mt<sup>3</sup> de gas por hora.

**Cuadro 5**  
**Costeo de inversión en materiales y equipo para la geo membrana**  
**Cifras en quetzales**

Descripción de costo de materiales	Total
Biodigestor (geomembrana)	141,519.31
<b>Inversión</b>	<b>141,519.31</b>

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 5 ilustra que los biodigestores representan un desembolso elevado pero constituyen el principal elemento en la captación de biogás, la geomembrana, capta y almacena el gas para su posterior combustión en el generador y de allí se transformará de energía química a eléctrica.

#### 4.1.2 Mano de obra

La mano de obra a utilizar consiste en:

- Ingeniería, diseño y asesoría.
- Supervisión de trabajos
- Construcción.

**Cuadro 6**  
**Costeo de inversión en mano de obra para implementación**  
**Cifras en quetzales**

Mano de obra	
Ingeniería diseño y asesoría	84,040.90
Supervisión en trabajos	22,400.00
Construcción	19,040.00
<b>Total</b>	<b>125,480.90</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los datos del cuadro 6, se refieren a los costos en que se incurrirán en la ingeniería y diseño, para la implementación del proyecto así como la supervisión en los trabajos de campo y mano de obra para construir y montar la operación hasta el punto en que sea funcional.

#### 4.1.3 Equipo para generación

Este consiste en un generador cuyo combustible específico es el biogás, por medio de esta maquinaria se transformará el biogás captado, de energía química a energía eléctrica, como se mencionaba anteriormente.

**Cuadro 7**  
**Equipo para generación de energía**  
**Costo del generador**  
**Cifras en quetzales**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
Generador a Biogás30kw/h.	Unidad	1	249,600.00	249,600.00

Fuente: Mopesa (2013).

El cuadro 7, presenta el dato del costo del equipo para generación de energía eléctrica, diseñado para utilizar biogás como combustible específico. Este dato incluye instalación y accesorios necesarios para que el equipo inicie su funcionamiento.

La inversión inicial es elevada y consiste en un desembolso de Q249,600.00. Obviamente es el flujo de inversión más elevado en este proyecto de generación, siendo un generador con precio intermedio en el mercado, con capacidad de generar hasta 30kwh trabajando hasta 18 horas diarias 30 días al mes.

## 4.2 Determinación del monto en Quetzales por energía generada

El monto en quetzales está en función de la energía que se pretende generar y aprovechar. Esta energía deja de comprarse y su autogeneración se constituye en una inversión, la cual debe cubrir una tasa de rendimiento requerida.

En función de lo anterior, se estimó el monto en quetzales por energía eléctrica generada

**Cuadro 8**  
**Valor en Quetzales producido por generación de energía eléctrica**  
**Generador con capacidad para 30kw/h.**  
**Cifras en quetzales**

Tarifa: Baja Tensión con demanda en punta - BTDP	Valor	
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	204.454857	204.45
Cargo Unitario por Energía (Q/kWh)	1.486972	24,088.95
Cargo Unitario por Potencia Máxima (Q/kW-mes)	52.655434	52.66
Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/kW-mes)	82.047591	82.05
Total		24,428.10
Tasa municipal 18%		4,397.06
Total con tasa municipal		28,825.16
IVA		2,931.37
Total mensual con IVA		31,756.54
Reducción de costo anual por generación de energía		381,078.43
Precio con todos los cargos por kWh		2.52

Fuente: Elaboración propia con base a datos de la Comisión nacional de energía eléctrica (2012).

En el cuadro 8 se observa que al generar 30 kilowatts hora de energía eléctrica, 18 horas diarias, por 30 días al mes, es equivalente según el mercado nacional, a un monto mensual de Q31,756.54. Este monto se traduce la cantidad de energía eléctrica que la explotación dejará de pagar al proveedor de la red eléctrica

nacional y que producirá utilizando sus aguas residuales, monto que anualmente asciende a Q381,078.43

Es importante notar que este monto, estará variando en función de las fluctuaciones en el precio de la energía eléctrica en el mercado.

#### 4.3 Cálculo de la depreciación y el valor en libros

**Cuadro 9**  
**Cálculo de la depreciación**  
**Cifras en Quetzales**

Descripción del activo	% depreciación anual	Costo inicial	Depreciación anual
Generador	20%	249,600.00	49,920.00
Infraestructura	5%	267,000.00	13,350.00
Total depreciación anual			63,270.00

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9 se presenta el cálculo de la depreciación de los activos basándose en la ley del impuesto sobre la renta de la república de Guatemala, capítulo 19 incisos “a” y “d”. Donde se aplica un 20% de depreciación anual al generador y un 5% a la infraestructura.

**Cuadro 10**  
**Cálculo del valor en libros**  
**Cifras en Quetzales**

Descripción del activo	Valor inicial	Depreciación en 5 años	Valor en libros
Generador	249,600.00	249,600.00	0.00
Infraestructura	267,000.00	66,750.00	200,250.00
Valor total en libros			200,250.00

Fuente: Ley y reglamento ISR. (2012).

En el cuadro 10 se presenta el cálculo del valor en libros del generador y la infraestructura. Este valor en libros se estimó a partir de los porcentajes de depreciación definidos en la ley de impuesto sobre la renta en el artículo 19 incisos “a” y “d”. También se tomó en cuenta una proyección con un horizonte de 5 años para el proyecto como se mencionaba en comentarios anteriores.

#### 4.4 Determinación del flujo de fondos proyectado

Para propiciar la utilización de herramientas financieras para la evaluación de la propuesta, se realizó el flujo de fondos estimado para proyectos de generación de energía eléctrica con biogás.

**Cuadro 11**  
**Costo de operación anual**  
**Cifras en quetzales**

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub total
<b>Mantenimiento del generador</b>				
Servicios menores del generador	U	26	2,500.00	64,800.00
Asesoría en el servicio	U	26	700.00	18,144.00
Filtro de gas H2S	U	2	7,000.00	14,000.00
Costo anual por overhaul			23,223.02	23,223.02
<b>Mantenimiento del biodigestor</b>				
Operador y mantenimiento para biodigestor.	Año	1	20,000.00	20,000.00
			Total	140,167.02

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 11 se observa el costo de operación anual donde se toma en cuenta el mantenimiento del generador y la mano de obra para mantenimiento del biodigestor y la operación del sistema. Antes de combustionar el gas, se debe agregar un filtro al sistema de tuberías, para corregir inconvenientes en la composición del gas producido ya que este es corrosivo y tiende a destruir el metal cuando ambos tienen un contacto continuo, esto costo también se incluye

en el cuadro anterior, los servicios del generador se realizan cada 250 horas de trabajo.

**Cuadro 12**  
**Flujo de fondos del primer año de operación**  
**Cifras en miles de quetzales**

Concepto	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
<b>Inversión</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ingresos</b>													
Energía generada	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	381.00
<b>Ingreso</b>	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	381.00
<b>Ingreso Neto</b>	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	381.00
<b>Egresos</b>													
Costo directo prod.	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	140.16
Depreciación	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	63.24
<b>Total Egresos</b>	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	16.95	203.40
<b>Utilidad Bruta</b>	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	177.60
<b>Utilidad Neta</b>	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	177.60
(+) Depreciación	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	63.24
<b>Flujo de Fondos</b>	20.07	20.07	20.07	20.07	20.07	20.07	20.07	20.07	20.07	20.07	20.07	20.07	240.84

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 12 podemos observar de manera detallada el flujo de fondos del primer año de operación del proyecto, es importante resaltar que no se toman en cuenta efectos de tasas impositivas debido a que este tipo de proyectos gozan de exenciones de las mismas, debido a la ley incentivo para la generación de energías limpias, decreto 52-2003.

**Cuadro 13**  
**Flujo de Fondos Proyectado a 5 años**  
**Cifras en miles de quetzales**

<b>Concepto</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Inversión						
Generador 60kw	-249.60					
Biodigestores	-267.00					
Ingresos						
Monto por energía generada		381.08	381.08	381.08	381.08	381.08
Valor de Rescate						149.76
Valor en libros (-)						-200.25
Ingreso		381.08	381.08	381.08	381.08	330.59
Ingreso Neto		381.08	381.08	381.08	381.08	330.59
Egresos						
Costo directo de producción		140.17	140.17	140.17	140.17	140.17
Depreciación		63.27	63.27	63.27	63.27	63.27
Total Egresos		203.44	203.44	203.44	203.44	203.44
Utilidad Bruta		177.64	177.64	177.64	177.64	127.15
Utilidad Neta		177.64	177.64	177.64	177.64	127.15
(+) Depreciación		63.27	63.27	63.27	63.27	63.27
Flujo de Fondos	-516.60	240.91	240.91	240.91	240.91	190.42
Flujo descontado	0.00	195.54	158.72	128.83	104.57	67.09

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 13, Se presenta el flujo de fondos proyectado para esta investigación, éste se realizó con un horizonte a 5 años, puesto que a mayor período de tiempo las condiciones como el precio de la energía, las tasas de interés tienen mayor probabilidad de variar.

Respecto al tema de impuestos se debe tomar en cuenta, como se mencionaba anteriormente, el efecto de la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de



energía renovable, Decreto 52-2003, ya que es un aspecto importante a considerar en vista de que exime del pago de IVA e ISR a este tipo de inversiones, por generar energías limpias y el efecto en el flujo es notorio puesto que no se descuenta el pago de la tasa impositiva.

Las inversiones a realizar por el carácter de la operación se prevé se realicen únicamente en el primer año para montar la infraestructura, adquirir e instalar el equipo de generación.

El valor de rescate, se determinó en base a que un generador usado en el mercado se cotiza en un 60% del valor de un equipo nuevo.

Con la información generada a través de la elaboración del flujo de fondos proyectado, se procedió a trabajar el inciso 4.6 en adelante.

#### **4.5 Balance general**

A continuación se presenta el libro de balance general, con la intención de presentar una imagen de la situación financiera del proyecto a finales del primer año de operación.

**Cuadro 14**  
**Balance general**  
**Proyecto generación de energía eléctrica a partir de biogás**  
**31 de diciembre de 2013**  
**Cifras en quetzales**

<b>ACTIVO</b>			
<b>ACTIVOS CORRIENTES</b>			132,000.00
	Caja y Bancos		30,000.00
	Fondo para el Proyecto		100,000.00
	Deudores y Otras Cuentas por Cobrar		2,000.00
<b>ACTIVOS NO CORRIENTES</b>			453,330.00
	Infraestructura		267,000.00
	Generador		249,600.00
	(-) Depreciación Acumulada		(63,270.00)
	<b>SUMA DEL ACTIVO</b>		<b>585,330.00</b>
<b>PASIVO</b>			
<b>PASIVOS CORRIENTES</b>			307,688.59
	Proveedores		249,600.00
	Remuneraciones y Pasivos Laborales		20,000.00
	Impuestos por Pagar		0.00
	Otras Cuentas por Pagar a Corto Plazo		38,088.59
<b>PATRIMONIO</b>			277,641.41
	<b>CAPITAL</b>		
	Capital Suscrito y Pagado		100,000.00
	<b>RESERVAS</b>		
	Beneficios Acumulados		0.00
	Ganancia Neta del Período		177,641.41
	<b>SUMA DEL PASIVO Y PATRIMONIO</b>		<b>585,330.00</b>
			0.00

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6 Tasa de rendimiento requerida

La tasa de retorno mínima aceptada se determinó en función de la tasa de riesgo país de Guatemala que se sitúa en 5% según datos de la Organización para la cooperación económica OECD por sus siglas en inglés, la tasa de inflación anual en 5% según datos de la página del banco de Guatemala y del costo de oportunidad del capital, asumiendo que la mejor alternativa de uso del capital podría ser continuar invirtiendo en la explotación pecuaria que es la misma que emite las aguas residuales que se aprovechan para producir biogás, para dicha explotación según la Súper intendencia de bancos de Guatemala, la tasa activa ponderada para el destino económico de inversiones pecuarias es de 13.2%, por lo que se tomó este dato como referencia para utilizarlo como el rendimiento deseado por el inversionista.

La ecuación para dicho cálculo es la siguiente.

$\text{Tasa de rendimiento requerida} = \text{Promedio ponderado del costo del capital}$
--

**Cuadro 15**  
**Tasa de rendimiento requerida**

Componente	%
Tasa requerida por el inversionista (Tomando como base la tasa activa de interés promedio ponderada al 31 de enero de 2012 para proyectos pecuarios según SIB*).	13.2%
Tasa riesgo país**	5%
Tasa inflación***	5%
<b>Tasa de rendimiento requerida</b>	<b>23.2%</b>

Fuente:

\*Superintendencia de bancos Guatemala (SIB) (2012).

\*\*Organisation for economic Co-operation and Development (OECD) (2013)

\*\*\*Banco de Guatemala (2012).

El resultado obtenido se ilustra en el cuadro 15, es una tasa de rendimiento requerida de 23.2%. Ésta constituye la tasa de descuento para el análisis de viabilidad que complementándose con los datos obtenidos en el flujo de fondos permitió obtener los evaluadores financieros.

#### 4.7 Estimación de indicadores financieros

Las herramientas financieras como el valor actual neto, TIR, período de recuperación de la inversión y análisis de riesgos, son de utilidad para la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto.

##### 4.7.1 Valor actual neto

El valor actual neto del análisis ilustrado en el cuadro número 16, da como resultado:

**Cuadro 16**  
**Valor actual neto**  
**Resumen del cálculo**  
**Cifras en miles de quetzales**

Flujo de Fondos	-516.6	240.91	240.91	240.91	240.91	190.42
Flujo descontado	-516.6	195.54	158.72	128.83	104.57	67.09
Suma de valores actuales	654.76					
VNA	138.16					

Fuente: Elaboración propia.

Que según el criterio de aceptación de "VAN > 0" se debe aceptar el proyecto, puesto que con una tasa de rendimiento requerida del 23.2% permite que el proyecto obtenga un VAN de Q138,161.45 por lo que el proyecto puede recuperar

el capital invertido descontado a la tasa mínima aceptada y generar un rendimiento adicional para el inversionista.

Luego de elaborar el VAN se procedió a generar más información de complemento con los datos generados en el inciso 5.3.2, con la TIR.

#### 4.7.2 Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno que el proyecto puede generar, según los cálculos es de 35.76 % como se puede observar esta tasa se encuentra un 12.56% por encima de la tasa de rendimiento mínima aceptada la cual es 23.3%, por lo que desde el punto de vista financiero la propuesta constituye una alternativa atractiva para el uso del capital y se constituye como un complemento para la operación de una explotación pecuaria que opte por implementar la generación de energía a sus inversiones.

**Cuadro 17**  
**Tasa interna de retorno**  
**Resumen del cálculo**  
**Cifras en miles de quetzales**

Flujo de Fondos	-516.6	240.91	240.91	240.91	240.91	190.42
Flujo descontado a la tasa de 35.76% (TIR)	-516.6	205.56	175.39	149.65	127.69	86.11
Sumatoria de valores actuales	516.6					
VNA	0					

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 17 ilustra el desglose del cálculo para obtener la tasa interna de retorno, donde vemos como los flujos descontados a una tasa del 35.76% igualan el valor

de la inversión inicial. Lo anterior nos muestra que la propuesta de inversión tiene capacidad de obtener el rendimiento esperado. Este cálculo es similar a la manera de obtener el valor actual neto y pretende hacer más fácil el digerir los datos obtenidos en la investigación.

#### 4.7.3 Período de recuperación de la inversión

Con las condiciones bajo las cuales se elaboró el flujo de fondos, se procedió a realizar los cálculos para obtener el período de recuperación de la inversión:

**Cuadro 18**  
**Cálculo del Período de Recuperación de la Inversión**  
**Cifras en quetzales**

Año	1	2	3	4	5
Flujo descontado	195.54	158.72	128.83	104.57	67.09
Capital recuperado en tres años				483.09	
Capital total invertido inicial				516.6	
Capital por recuperar el cuarto año				33.50	
Porcentaje del cuarto año				32	
Período de recuperación del capital				3.32	

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro número 18 indica que para el volumen que representa la inversión inicial de Q516,600.00 el período de recuperación de 3.32 años, es decir, 3 años con 3 meses y 25 días.

De igual manera que los otros indicadores, el período de recuperación puede variar en función de fluctuaciones en el precio de la energía eléctrica en el mercado.

#### **4.7.4 Análisis de escenarios**

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de la propuesta con respecto a cambios en las condiciones esperadas, se evaluaron dos escenarios, los cuales se elaboraron en base a variaciones del precio unitario en quetzales del kilowat hora de Q1.48/ kWh. y la tasa de descuento de 23.2%. Las variaciones que se utilizaron para estos escenarios, se estimaron en base a un análisis de los últimos 5 años en cuanto a precio de la energía y costo del capital para la tasa de descuento, como resultado se realizaron variaciones de 10% en ambos datos, ya que son variaciones dentro del rango que se han dado en la realidad.

##### **Escenario A**

Un escenario optimista donde el precio de la energía en el mercado se incrementa un 10% daría como resultado Q1.62/kWh. y se da el descenso de un 10% en el costo del capital dando como resultado una tasa de rendimiento mínima aceptada de 20.88%, este escenario nos dice que se incrementa el beneficio por la autogeneración de energía.

Un incremento en el precio de la energía daría como resultado que el valor de la energía generada en la propuesta, sea mayor y por lo tanto el proyecto sea mas viable. Por otro lado un descenso en el costo del capital daría como resultado lógico un mayor rendimiento luego de descontar los flujos.

##### **Escenario B**

Un escenario desfavorable, donde el precio de la energía desciende un 10% quedando en Q1.33/kWh. Y el costo del capital se incrementa un 10%, dándonos un 25.52% lo cual nos dice que desciende el beneficio brindado por la autogeneración de energía de la propuesta.

En este caso un descenso en el precio de la energía daría como resultado que la energía generada por el proyecto tendría un valor menor y esto provocaría un

decremento en el ingreso generado por el proyecto lo cual aunado a un incremento en la tasa de descuento provocaría un descenso en los flujos descontados y por ende en el valor actual neto, disminuyendo también la tasa interna de retorno y el periodo de recuperación de la inversión.

Ambos escenarios se establecieron en base a rangos lógicos de acuerdo al comportamiento de ambos índices según el mercado.

Resultados del Escenario A: Tasa de descuento de 20.88% y un precio unitario de Q1.62 por kWh.



**Cuadro 19**  
**Flujo de Fondos Projectado a 5 años, Escenario “A” optimista**  
**Cifras en miles de quetzales**

<b>Concepto</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Inversión						
Generador 60kw	-249.6					
Biodigestores	-267.0					
Ingresos						
Ingresos por energía generada		414.7	414.7	414.7	414.7	414.7
Valor de Rescate						149.8
Valor en libros (-)						-200.3
Ingreso		414.7	414.7	414.7	414.7	364.2
Ingreso Neto		414.7	414.7	414.7	414.7	364.2
Egresos						
Costo directo de producción		140.2	140.2	140.2	140.2	140.2
Depreciación		63.3	63.3	63.3	63.3	63.3
Total Egresos		203.4	203.4	203.4	203.4	203.4
Utilidad Bruta		211.3	211.3	211.3	211.3	160.8
ISR 31%		65.5	65.5	65.5	65.5	49.8
Utilidad Neta		211.3	211.3	211.3	211.3	160.8
(+) Depreciación		63.3	63.3	63.3	63.3	63.3
Flujo de Fondos	-516.6	274.5	274.5	274.5	274.5	224.0
Flujo descontado	0.0	227.1	187.9	155.4	128.6	86.8

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro número 19 ilustra el flujo de efectivo proyectado del Escenario “A”, con condiciones más favorables, refleja un valor actual (VAN) de Q269,203.67, una tasa interna de retorno (TIR) 43.80% y un período de recuperación de la inversión de 3.65 años. Se aprecia una TIR bastante robusta y un período de recuperación de la inversión corto para un proyecto de este tipo.

Resultados del Escenario B: Tasa de descuento de 25.52% y un precio unitario de Q1.33 por kWh.

**Cuadro 20**  
**Flujo de Fondos Proyectado a 5 años, escenario “B” pesimista**  
**Cifras en miles de quetzales**

<b>Concepto</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Inversión						
Generador 60kw	-249.60					
Biodigestores	-267.00					
Ingresos						
Ingresos por energía generada		341.41	341.41	341.41	341.41	341.41
Valor de Rescate		0.00	0.00	0.00	0.00	149.76
Valor en libros (-)		0.00	0.00	0.00	0.00	-200.25
Ingreso		341.41	341.41	341.41	341.41	290.92
Ingreso Neto		341.41	341.41	341.41	341.41	290.92
Egresos						
Costo directo de producción		140.17	140.17	140.17	140.17	140.17
Depreciación		63.27	63.27	63.27	63.27	63.27
Total Egresos		203.44	203.44	203.44	203.44	203.44
Utilidad Bruta		137.97	137.97	137.97	137.97	87.48
ISR 31%		42.77	42.77	42.77	42.77	27.12
Utilidad Neta		137.97	137.97	137.97	137.97	87.48
(+) Depreciación		63.27	63.27	63.27	63.27	63.27
Flujo de Fondos	-516.60	201.24	201.24	201.24	201.24	150.75
Flujo descontado	0.00	160.33	127.73	101.76	81.07	48.38

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro número 20 muestra el flujo proyectado del escenario B, refleja un valor actual (VAN) Q2,669.40, una tasa interna de retorno (TIR) 25.78% la cual supera

el costo del capital y un período de recuperación de la inversión de 4.94 años. Estos datos muestran resultados aún favorables por lo que con este escenario se hace evidente que la propuesta soporta los cambios en las variables al nivel de 10% de incremento en la tasa de descuento y descenso de 10% en el precio, si bien en precio ha fluctuado en esos niveles los últimos 2 años, la tasa de interés se ha mantenido más estable, pero se desconoce su comportamiento futuro.

### **Comparación de resultados de los escenarios**

Luego de haber aplicado las variaciones de los escenarios en el flujo de efectivo y de haber realizado los análisis con las herramientas financieras, se obtuvieron los resultados presentados a continuación a manera de resumen, donde podemos comparar:

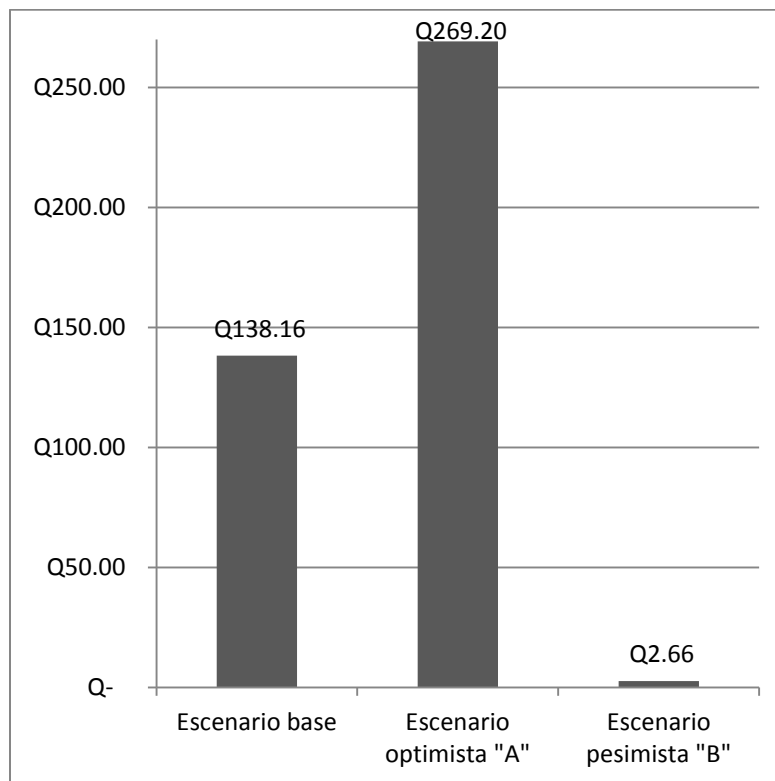
**Cuadro 21**

#### **Comparación de escenarios**

	Tasa de descuento	Precio de la energía	VAN "Q" miles	TIR %	PRI años
Escenario base	23.20%	Q1.48 / kw	138.16	35.76	3.21
Escenario optimista "A"	20.88%	Q1.62 / kw	269.2	43.8	3.65
Escenario pesimista "B"	25.52%	Q1.33 / kw	2.66	25.78	4.94

Se puede observar en el cuadro 21 como se reflejan los comentarios hechos antes de presentar cada uno de los escenarios y se puede observar como las variaciones afectan el comportamiento del valor actual neto, la tasa interna de retorno y el periodo de recuperación de la inversión. Es notorio, como aun en el escenario pesimista la inversión continua siendo viable, con un valor actual neto superior a cero, una tasa interna de retorno superior a la tasa requerida y un periodo de recuperación de la inversión inferior al periodo de duración del proyecto.

**Grafico 1**  
**Comparación de escenarios**  
**Valor actual neto**  
**Cifras en miles de quetzales**



Fuente: Elaboración propia.

En el grafico 1 podemos observar el efecto de las variaciones del precio de la energía (Q / kw ) y de la tasa de descuento, sobre el valor actual neto, podemos observar de manera gráfica como el proyecto soporta el escenario pesimista y continua siendo viable.

## CONCLUSIONES

1. Se confirma la hipótesis de investigación, ya que se comprobó que la generación de energía eléctrica a partir del uso de biogás resultante del tratamiento de aguas residuales en empresas del sector pecuario del área central de Guatemala, es una inversión viable, según lo demuestran los resultados de las herramientas de evaluación financiera: Valor Actual Neto, VAN, Tasa Interna de Retorno, TIR, Período de recuperación de la inversión, PRI, y el análisis de riesgos de la inversión.
2. La inversión inicial necesaria previa a la puesta en marcha e inversión en capital de trabajo, se determinó en Q 516.6 miles, de los cuales Q 249.6 miles corresponden a la adquisición de un generador y Q 267 miles a la adquisición de un biodigestor.
3. Se determinó que los beneficios de la inversión están en función del precio de mercado de la energía eléctrica de Q1.48 por kw/h, lo cual genera una reducción de costos anuales, al producir la energía para autoconsumo estimada en Q 381.1 miles. y al generar flujos positivos para cada año de funcionamiento. El valor de desecho se estableció en Q 149.8 miles, únicamente para el generador.
4. Los elementos del flujo de ingresos se establecieron principalmente por la generación de energía y el valor de rescate del generador, al final de los cinco años proyectados. Los elementos del flujo de egresos se establecieron de los costos anuales de operación, por gastos de mantenimiento, tanto del generador, como del biodigestor (Q18.1 miles y Q 20 miles anuales, respectivamente).

5. El flujo de fondos puro, proyectado a 5 años, reflejó ingresos totales de Q1.85 millones, en tanto que el flujo de ingresos totales fue de Q 1.02 millones.
6. La tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA), para la evaluación financiera de los flujos proyectados se estableció en 23.2%, integrada por la inflación promedio (5%), riesgo país (5%) y la tasa promedio ponderada para proyectos pecuarios, publicada por la Superintendencia de Bancos (13.2%).
7. El resultado de la evaluación financiera demuestra la viabilidad de la inversión. El Valor Actual Neto presenta un resultado positivo de Q 138.2 miles; la Tasa Interna de Retorno establecida en 35.76%, es superior a la TREMA (23.2%), en 12.6 puntos porcentuales; el Período de Recuperación de la Inversión de 3.32 años, es adecuado, en vista de que es inferior al periodo de depreciación del bien y a los cinco años de vida del proyecto.
8. El análisis de riesgos de la inversión, en el escenario pesimista, redujo el Valor Actual Neto a Q 2.7 miles y la Tasa Interna de Retorno a 25.78, la cual, por escaso margen (2.58 puntos porcentuales), continúa siendo superior a TREMA (23.2%).

## RECOMENDACIONES

1. En vista de que la investigación realizada permitió la comprobación de la viabilidad de la inversión para la generación de energía eléctrica a partir del uso de biogás resultante del tratamiento de aguas residuales en empresas del sector pecuario del área central de Guatemala, se recomienda la implementación en campo.
2. Utilizar este trabajo de investigación como guía para el análisis de propuestas ajustadas a las necesidades de los interesados.
3. La generación de biogás tiene como subproducto las aguas residuales, las cuales poseen características fertilizantes para suelos, por lo que es importante evaluar su potencial para generar ingresos por su venta para proyectos agrícolas; asimismo, es importante evaluar la venta de bonos de carbono.
4. La ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable, Decreto 52-2003, es un aspecto importante a tomar en cuenta en vista de las exenciones fiscales que aporta a este tipo de inversiones.
5. Estimular la investigación para el análisis de viabilidad financiera de inversiones para la generación de energías limpias; asimismo, profundizar en la investigación técnica y financiera de la generación de energía eléctrica utilizando biogás.
6. Actualizar constantemente la información técnica y financiera en la generación de energía eléctrica a partir del uso de biogás, para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos.
7. El aprovechamiento del potencial de las aguas residuales, como un valioso recurso energético debe ayudar a la eliminación del paradigma de que muchos subproductos son desechos, en vista de que se ha demostrado que

los mismos pueden reciclarse, aumentando la eficiencia de operación de actividades productivas y constituyendo fuente de riqueza.

8. Promover leyes o acuerdos que promuevan proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, a través del otorgamiento de condiciones de financiamiento más favorables, para estimular éste tipo de proyectos.



## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Libros**

1. Besley. S; Brigham. E. 2009. Fundamentos de administración financiera 14 ed. México D.F. Cengage Learning, Inc, 803 p.
2. Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista Lucio, P. 2010. Metodología de la Investigación. 5ª.Ed. México, McGraw-Hill Interamericana. 850 p.
3. Gitman, Lawrence J. Administración Financiera. México 2007. Pearson Educación. Decimosegunda Edición. 580 pp.
4. Ruiz. O. 2005. Contabilidad general, de sociedades y de costos. 19° edición Guatemala. Alenro.143 p.
5. Sapag Chain, N. 2007. Proyectos de Inversión Formulación y Evaluación. 1ª edición México. Pearson Educación. 488p.
6. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudios de Postgrado. Normativo de Tesis Para Optar al Grado de Maestro en Ciencias. 2009. Guatemala. 80 p

### **Tesis**

7. Pérez Rosales, MF. 2006. Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos. Tesis Lic. Ing. Electr. Guatemala USAC. 162 p.

### **Leyes**

8. Congreso de la República de Guatemala, GT. 2003. Ley incentivo de proyectos para el desarrollo de energías renovables. 4p.
9. Superintendencia de administración tributaria, GT. 1992. Ley del impuesto sobre la renta. 126p.

### **Multimedia**

10. Microsoft® Encarta®. 2009. Biogás. [DVD]. 2013.

## Sitios Web

11. Asociación Española de Biogás. Esp. 2010. Futuro del biogás en España (en línea). España. Consultado 10 Oct. 2011. Disponible en [http://www.aebig.org/documentos/futuro\\_biogás.pdf](http://www.aebig.org/documentos/futuro_biogás.pdf)
12. Banco de Guatemala. . 2012. Tasa inflacionaria año 2012 (en línea). Guatemala, Guatemala, consultado 20 abr. Disponible en <http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=indicadores/gra012&e=264>
13. Cardaci, JL. 2010. Incorporación de planta de biogás en un establecimiento porcino para autoabastecimiento de energía y bio fertilizantes (en línea). Estudio de factibilidad, Universidad de la pampa. Consultado 5 oct. 2011. Disponible en [www.agro.unlpam.edu.ar/licenciatura/disenio/2010/biogás.pdf](http://www.agro.unlpam.edu.ar/licenciatura/disenio/2010/biogás.pdf)
14. Cardona H. (2006). Importancia relativa del sector agrícola nacional. Publicado Boletín CIAGROS, Facultad de Agronomía. (en línea. Consultado 28 de agosto 2012). Disponible en <http://es.scribd.com/doc/2189273/Importancia-Relativa-del-Sector-Agricola-Nacional>
15. <http://www.cnee.gob.gt/calculadora/index3.php>
16. IICA.CATIE. Redacción de Referencias Bibliográficas: Normas técnicas del IICA y CATIE (en línea). Costa Rica. Consultado 30 Nov. 2011. Disponible en <http://www.iica.int/Eng/organizacion/LTGC/Documentacion/BibliotecaVenezuela/Documents/Redacci%C3%B3n-Referencias-Bibliogr%C3%A1ficas.htm>
17. Larios R. (2011). Porcicultores generan energía con agua residual. Siglo 21. (en línea). Consultado 29 de agosto 2012). Disponible en <http://www.s21.com.gt/pulso/2011/04/26/porcicultores-generan-energía-agua-residual>
18. [Martín, S. \(2013\) Análisis de escenarios en valoración de inversiones \(en línea\). Consultado 15 abril de 2014. Disponible en http://www.expansion.com/diccionario-economico/analisis-de-escenarios-en-valoracion-de-inversiones.html](http://www.expansion.com/diccionario-economico/analisis-de-escenarios-en-valoracion-de-inversiones.html)
19. Ministerio de Finanzas, Guatemala. 2012. Finanzas precio bonos a corto plazo (en línea). Guatemala, Guatemala, consultado 20 abr. Disponible en [http://www.minfin.gob.gt/comunicados/194-sp\\_comunicados\\_2012/1398-inicio-de-la-colocaci%C3%B3n-de-bonos-del-tesoro,-ejercicio-fiscal-2012.html](http://www.minfin.gob.gt/comunicados/194-sp_comunicados_2012/1398-inicio-de-la-colocaci%C3%B3n-de-bonos-del-tesoro,-ejercicio-fiscal-2012.html).

20. Organisation for economic Co-operation and Development (2013) Tasa de riesgo país (en línea). Consultado Julio de 2013. <http://www.oecd.org/trade/exportcredits/crc.htm>
21. SAGARPA (2008) Uso del biogás en el sector agropecuario de México y opciones de financiamiento (en línea). Consultado 29 agosto 2012. Disponible en [http://www.globalmethane.org/documents/events\\_ag\\_20080423\\_rodrigo\\_diez\\_de\\_sollano.pdf](http://www.globalmethane.org/documents/events_ag_20080423_rodrigo_diez_de_sollano.pdf)
22. Segeplan. Guatemala. 2011. Política agropecuaria 2011 (en línea). Guatemala, Guatemala, consultado 15 abr. Disponible en [http://www.segeplan.gob.gt/downloads/clearinghouse/politicas\\_publicas/Desarrollo%20Agropecuario/politica\\_agropecuaria\\_2008-2012.pdf](http://www.segeplan.gob.gt/downloads/clearinghouse/politicas_publicas/Desarrollo%20Agropecuario/politica_agropecuaria_2008-2012.pdf)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Guía de entrevista

#### Maestría en Administración Financiera Universidad de San Carlos de Guatemala

#### 1. INTRODUCCIÓN

- Saludo y agradecimiento por participar en la entrevista y el tiempo cedido
- Orientación general acerca del tema de la generación de energía eléctrica con biogás.

#### 2. GUÍA ENTREVISTA

Preguntas Directas para empresarios pecuarios:

1. ¿Cuál es el precio que paga por la energía eléctrica que utiliza en su explotación?

\_\_\_\_\_

2. ¿Cuántos metros cúbicos de agua residual genera por día?

\_\_\_\_\_

Preguntas directas para técnicos concedores acerca de la producción de biogás y su uso en generación de energía eléctrica:

1. Que datos podría proporcionar acerca de la construcción de biodigestores?

2. Podría indicar acerca del costeo de construcción de un biodigestor y una geomembrana?

- 3.Cuál es el precio de un generador accionado a biogás, para nuestro medio, si hablamos de generadores desde 30 kwh en adelante?

## OBSERVACIONES

---

### 4. **Agradecimientos**

Gracias por su tiempo y su valiosa información, espero que su aporte de conocimiento contribuya al desarrollo de este tipo de propuestas.

## GLOSARIO

**Aguas residuales**, Encarta (2009). conjunto de las aguas que son contaminadas durante su empleo en actividades realizadas por las personas.

**Biogás**, Encarta (2009). Término que se aplica a la mezcla de gases que se obtienen a partir de la descomposición en un ambiente anaerobio (sin oxígeno) de los residuos orgánicos, como el estiércol animal o los productos de desecho de los vegetales. En este proceso realizado por bacterias, se libera una mezcla de gases formada por metano (el principal componente del biogás), dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y ácido sulfhídrico. Es un combustible económico y renovable; se utiliza en vehículos de motor, para mezclar con el gas del alumbrado y para usos industriales y domésticos. La producción de biogás, además de aprovechar materia considerada como desperdicio, origina como subproducto un fertilizante de calidad excelente. El biogás tiene mucha importancia en los países en desarrollo, y en los industrializados está aumentando la atención por este combustible para intentar reducir la dependencia actual del petróleo. Encarta (2009).

**Energía renovable**, Encarta (2009). También llamada energía alternativa o blanda, este término engloba una serie de fuentes energéticas que en teoría no se agotarían con el paso del tiempo. Estas fuentes serían una alternativa a otras tradicionales y producirían un impacto ambiental mínimo, pero que en sentido estricto ni son renovables, como es el caso de la geotermia, ni se utilizan de forma blanda. Las energías renovables comprenden: la energía solar, la hidroeléctrica (se genera haciendo pasar una corriente de agua a través de una turbina), la eólica (derivada de la solar, ya que se produce por un calentamiento diferencial del aire y de las irregularidades del relieve terrestre), la geotérmica (producida por el gradiente térmico entre la temperatura del centro de la Tierra y la de la superficie),

la hidráulica (derivada de la evaporación del agua) y la procedente de la biomasa (se genera a partir del tratamiento de la materia orgánica).

**Metano**, Encarta (2009). Llamado gas de los pantanos, compuesto de carbono e hidrógeno, de fórmula  $\text{CH}_4$ , es un hidrocarburo, el primer miembro de la serie de los alcanos. Es más ligero que el aire, incoloro, inodoro e inflamable. Se encuentra en el gas natural, como en el gas grisú de las minas de carbón, en los procesos de las refinerías de petróleo, y como producto de la descomposición de la materia en los pantanos. Es uno de los principales componentes de la atmósfera de los planetas Saturno, Urano y Neptuno. El metano puede obtenerse mediante la hidrogenación de carbono o dióxido de carbono, por la acción del agua con carburo de aluminio o también al calentar etanoato de sodio con álcali. El metano es apreciado como combustible y para producir cloruro de hidrógeno, amoníaco, etino y formaldehído.

**Motores y generadores eléctricos**, Encarta (2009). Grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dinamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.



**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Comparación del kilovatio con las calorías	8
2	Esquema resumido del libro de balance general	22
3	Presupuesto de capital resumido	40
4	Presupuesto de capital	41
5	Costeo de inversión en materiales y equipo para la geo membrana	43
6	Costeo de inversión en mano de obra para implementación	43
7	Equipo para generación de energía	44
8	Valor en Quetzales producido por generación de energía eléctrica	45
9	Cálculo de la depreciación	46
10	Cálculo del valor en libros	46
11	Costo de operación anual	47
12	Flujo de fondos del primer año de operación	48
13	Flujo de fondos proyectado a 5 años	49
14	Balance general	52
15	Tasa de rendimiento requerida	52
16	Valor actual neto resumen del cálculo	53
17	Tasa interna de retorno	54
18	Cálculo del período de recuperación de la inversión	55

19	Flujo de Fondos Proyectado a 5 años, Escenario “A”	58
20	Flujo de Fondos Proyectado a 5 años, escenario “B”	59
21	Comparación de escenarios	60

### ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Página</b>
1	Diagrama de flujo del ingreso y egreso de materiales al proceso de explotación pecuaria	14
2	Esquema de un biodigestor de nylon en tanque de concreto	15
3	Flujo del sistema para captación de biogás y su aprovechamiento para generar energía eléctrica	16

### INDICE DE GRAFICOS

		<b>Página</b>
1	Comparación del valor actual neto de los escenarios	61