

UNIVERSIDAD GALILEO

MAESTRIA EN ENERGÍAS RENOVABLES

**APROVECHAMIENTO DE GALLINAZA PARA
GENERACIÓN DE BIOGÁS
EN UN PROYECTO DE ENGORDE DE POLLOS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO
PREVIO A OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRIA EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**Juan Fernando Castro Martínez
20076714**

Índice General

I. Resumen Ejecutivo.....	3
II. Introducción	4
III. Justificación.....	5
Identificación y cuantificación del problema	5
IV. Objetivos	6
Objetivo General.....	6
Objetivo Específico	6
Proyecto.....	6
V. Definición del Proyecto	7
VI. Estudio de Mercado.....	8
VII. Estudio Técnico.....	15
1 Ubicación.....	15
2 Tamaño	15
3 Ingeniería del proyecto	16
4 Digestión anaeróbica	17
5 Tiempo de Retención.....	17
6 Relación carbono/nitrógeno.....	18
7 Porcentaje de sólidos	18
8 pH	18
9 Agitación	18
10 Características del biodigestor.....	19
11 Tipo de digestor a utilizar.....	19
12 Preparación la biomasa.....	19
13 Masa seca (MS)	19
14 Masa Volátil (MV)	20
15 Carga Orgánica Volumétrica (COV).....	20
16 Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	22
17 Nutrientes	23
18 Mezclado del sustrato	23
19 Cultivos energéticos	26
20 Codigestión.....	26
21 Demanda Química de Oxígeno DQO.....	26
22 Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	27
23 Relación Carbono – Nitrógeno	27
24 Características del Biogás.....	27
25 Temperatura del ambiente	28
26 Dimensionamiento de una planta de biogás	28
27 Estructuras necesarias de una planta productora de biogás.....	28
28 Tanque de alimentación.....	28
29 Sistema de alimentación	29
30 Dimensión del digestor.....	29
31 Tanque de descarga	30
32 Lecho de secado.....	30
33 Tuberías de captación de gas	30

34	Purificación del biogás	30
36	Diseño de los biodigestores del proyecto:	33
	Cuadro 18	33
	Los datos hidráulicos del biodigestor se tienen en el cuadro 19:	33
VIII	Estudio Administrativo – Legal.....	40
1	Marco Administrativo Legal:	40
2	Marco Legal de la Empresa:	41
3	Marco Legal.....	42
4	Marco Laboral	44
IX	Estudio Financiero.....	45
1	Inversiones.....	45
2	Costo de producción	45
4	Estimación de los Ingresos	47
X	Evaluación Ambiental	51
1	Consumo de agua	52
2	Reciclaje del agua.....	52
4	Aguas Residuales.....	52
5	Residuos sólidos	53
6	Emisiones atmosféricas	53
8	Bioseguridad.....	53
9	Control de plagas.....	54
10	Energía eléctrica y térmica	55
11	Capacitación	55
XI	Evaluación Financiera.....	56
XIII	Conclusiones y Recomendaciones.....	59
1	Conclusiones.....	59
2	Recomendaciones	60
	Bibliografía.....	61

Índice de Gráficas

Gráfica 1	Comparación de precios por libra (2008).....	10
Gráfica 2	Créditos concedidos al sector avícola.....	11
Gráfica 3	Producción nacional de carne de pollo.....	13
Gráfica 4	Proyección de la producción nacional de carne de pollo.....	14
Gráfica 5	Semanas de vida versus peso en gramos.....	15

I. Resumen Ejecutivo

En el presente proyecto se analiza el desecho biológico de diez mil pollos de engorde para la producción de biogás, que a su vez tiene aplicación directa en la obtención de energía, y representa una reducción del 1.5 % en gasto de electricidad. No garantiza la renta, pero sí mejora los gastos de operación y reduce la contaminación.

Se revisa el comportamiento histórico de la producción y consumo de carne de pollo en el país, al determinarse que el mercado es creciente debido al consumo per cápita.

Más del 60 % de los costos de operación en el engorde de pollo corresponde al suministro de alimentos que son concentrados a base de maíz, que en 90 % es importado de los Estados Unidos. Los pollos son digestivamente ineficientes y sólo absorben el 5 % de los nutrientes que consumen, por lo que el desecho orgánico es aprovechable, ya sea secándolo, degradándolo o en un proceso de biodigestión.

La excreta de pollo tiene un contenido de materia seca de 28 % y de materia volátil de 85 %. La fuente de información es Aqualimpia Beretende Ingenieure. Con la aportación de la materia seca se calcula el volumen del digestor, y con el contenido de materia volátil se estima la cantidad de biogás.

El proceso anaeróbico de la biodigestión es una opción que se tiene para el manejo adecuado de los desechos de la avicultura, al mitigar impactos negativos al ambiente y da como resultado abono orgánico y gas metano. La producción de biogás depende de la cantidad de aves, la calidad del alimento, de la pureza del sustrato, del agua y la buena granulometría del producto de entrada al biodigestor.

Los biodigestores se ha previsto instalar en el suelo, con bolsas de polipropileno de baja densidad y conectar a un sistema de filtrado a base de cascarilla de arroz e introducir el biogás a una planta eléctrica accionada con combustión interna que permita producir 10 kW de potencia. El resto del gas producido se usará para calentamiento e iluminación. Los indicadores financieros del proyecto son alentadores y permiten prever que el proyecto es viable.

II. Introducción

Esta investigación se orienta al aprovechamiento de los desechos agroindustriales resultantes de la explotación avícola destinada al engorde de 10,000 pollos.

Los desechos que se obtengan de este proceso se mezclarán con cascarilla de arroz que es el sustrato que se utilizará como cama en el suelo de cemento de los galpones. El producto resultante se llevará a un biodigestor, del que se obtendrá abono orgánico y biogás como subproductos del proceso de biodigestión anaeróbica. El metano que resulte del biogás será fundamental para la operación en un motor de combustión que accionara un generador de producción de calor, por quema directa del biogás.

En el presente proyecto se analizará el mercado de la carne de pollo en Guatemala, que es básicamente la aportación más importante para la sostenibilidad del proyecto. La contribución que tiene el metano y el abono resultante permitirá medir un beneficio adicional en esta actividad económica y mejorará el control sobre los efectos ambientales propios de esta explotación. La investigación técnica para la determinación de la cantidad de biomasa producida cíclicamente en el proceso, el componente de materia seca y volátil de este sustrato, la codigestión con la cascarilla y sus relaciones de materia seca y volátil permitirán el dimensionamiento del volumen del biodigestor. Señalar la influencia de la temperatura en la producción de biogás y derivar los volúmenes de metano y abono, son la parte central del estudio.

Se definirá el período de carga del biodigestor y su tiempo de retención, el margen de seguridad, el dimensionamiento del tanque de carga, el volumen del biodigestor y sus costos de inversión también. Se identificarán las leyes, las normas y los reglamentos que forman el marco legal en el que se desarrolla la avicultura; se acompañará una evaluación ambiental y se describirá la organización del proyecto, desde el punto de vista administrativo y operativo. Asimismo se estimarán los costos de operación en el ciclo de engorde, la inversión de los biodigestores, una evaluación económica y financiera del proyecto para definir la rentabilidad respectiva. Se definirá un diagrama de Gant con la ruta crítica y finalmente, las conclusiones sobre el beneficio del aprovechamiento de la biomasa y su posterior transformación.

III. Justificación

Identificación y cuantificación del problema

En los procesos avícolas de crianza, engorde, producción de huevos y proceso de carne, existe el inconveniente de los desechos orgánicos. Al aprovechar el fenómeno de la transición anaeróbica se identifica ésta como una opción para el manejo adecuado de estos desechos.

Los desechos orgánicos son la gallinaza o excreta, así como el sustrato que se usa de cama en los galpones, plásticos, bolsas, restos de concentrado y pollos muertos.

Otro desecho importante es el agua residual que resulta de la limpieza de los galpones, por la desinfección periódica necesaria para evitar posibles inhibidores, además el agua de uso sanitario y el agua sobrante de cada ciclo productivo.

Los efectos negativos son los olores desagradables, el ruido, los desperdicios, la presencia de roedores, las aves de carroña, la proliferación de moscas y mosquitos en los alrededores de las plantas, así como la desvalorización de los terrenos en la vecindad de las plantas procesadoras y la estimulación de conflictos sociales.

Dada la necesidad de consumo de energía eléctrica y calórica en el proceso avícola, se cuantifica el requerimiento de energía con un parámetro de consumo en kWh por cada 1000 pollos y se planteará a lo largo del análisis, si como resultado de la biodigestión se tiene opción a cubrir la demanda de energía propia con base en el proceso anaeróbico limpio.

Debido a la relación Carbono – Nitrógeno, que es pobre en el desecho de origen animal, es necesario agregar un componente de origen vegetal para balancear la mezcla.

IV. Objetivos

Objetivo General

Estudiar el mercado para la carne de pollo para analizar el proceso de la biodigestión, definir volúmenes de entrada de biomasa y subproductos en la salida. Estimar si la energía que resulte es suficiente para la demanda propia y cuánto es el sobrante energético para incorporarlo a un sistema de calor en la etapa inicial del engorde.

Establecer la factibilidad técnica así como económica de procesar la biomasa en la producción de biogás y abono orgánico, determinar la inversión inicial, los costos de operación y mantenimiento, el auto abastecimiento energético, para concluir con el estudio financiero que oriente de mejor forma la inversión.

Hacer el diagnóstico ambiental que incluye una matriz de recursos y actividades con sus efectos negativos sobre el medio y las recomendaciones para mitigarlos.

Objetivo Específico

Una vez determinado el creciente consumo de carne de pollo y conocidos los porcentajes de materias que tiene el sustrato resultante, establecer los subproductos de la biodigestión y destacar que es una medida de mitigación en lo que normalmente es un problema en la avicultura.

Proteger el ambiente a través de un procedimiento anaeróbico resultado de la eficiente gestión agrícola y que, como valor agregado, da independencia energética de las redes eléctricas, las que son dependientes del consumo de combustibles fósiles, con precios incrementales cada año.

Determinar el monto de las inversiones y gastos operativos que se incurren en éste negocio y ver anticipadamente son debilidades y fortalezas.

Estudiar el impacto ambiental sobre el suelo, el agua y el aire, con propuestas de mitigación que tengan efecto sobre los resultados negativos que puedan derivarse.

V. Definición del Proyecto

El proyecto consiste en producción de pollos para engorde. Está ubicado a la altura del km. 77, en el municipio de Oratorio, Santa Rosa, sobre la ruta CA-8 que conduce a la República de El Salvador. Cuenta con carretera asfaltada, energía eléctrica, agua potable, y está a 940 msnm.

La rama de la avicultura que se desea potenciar es la producción de carne de pollo, y aprovechar la gallinaza disponible para la producción de biogás y la posterior generación de energía eléctrica para autoconsumo. Parte del biogás será utilizado en la producción de calor para la primera etapa del proceso de engorde y otra parte en iluminación.

El sustrato resultante en el proceso de biodigestión. Será utilizado disponerlo como abono orgánico, con su respectivo análisis químico y parte del mismo efluente recircularlo en el proceso de carga del biodigestor y filtrado del gas resultante.

La producción de biogás es proporcional a la cantidad y la calidad de la biomasa disponible y a la mezcla de otro sustrato para lograr codigestión en el proceso. El tamaño del biodigestor es función de la cantidad de carga de materia volátil y al tiempo de retención.

Las instalaciones son galpones tipo túnel, con las previsiones climáticas del caso, para el engorde de 10,000 pollos por ciclo.

La cama de los galpones será a base de cascarilla de arroz que se puede obtener en los beneficios de arroz del municipio de El Progreso, Jutiapa, distante a 40 kilómetros del proyecto.

Los biodigestores serán instalados en zanjas bajo el nivel del suelo y el sustrato será depositado en contenedores de polietileno de baja densidad, se cuenta actualmente con pozo de agua de buena calidad, que es accionado por un motor eléctrico, y las instalaciones eléctricas serán adecuadas para que opere el sistema de generación propia. Se planea desarrollar un sistema de arbolado en la periferia de los galpones que permita mejorar el ambiente de los pollos.

VI. Estudio de Mercado

La importancia de las actividades agropecuarias se desarrolla en un marco de factores económicos, ambientales y sociales, siendo el mercado avícola en Guatemala, el que refleja el mayor consumo de carne de pollo en Centroamérica.

La avicultura es la rama de la agroindustria que se dedica a las actividades industriales y comerciales de los huevos y de la carne de pollo. Como es natural, el sustrato biológico resultante es conocido como gallinaza o pollinaza, que tiene componentes de materia volátil y materia seca. De la avicultura se pueden separar dos actividades: las industriales y las comerciales.

Dentro de las actividades industriales destacan: la incubación, la producción de huevos y el engorde de pollos, pero tienen asociadas otras actividades muy industrializadas que son: producción de alimento para pollos, procesamiento de carne de pollo, refrigeración y vacunas.

Dentro de las actividades comerciales se tiene: comercialización de carne de pollo, comercialización de huevos, servicio de comida rápida y publicidad.

Esta agroindustria enfrenta el desafío de tener una constante revisión de los procesos y optimización de los recursos; parte en la que el manejo de desechos se ha convertido en un aspecto crítico. En algunos casos ha resultado ser un problema, pues la gestión del desecho representa una carga económica que desfavorece la rentabilidad de las granjas.

En Guatemala la explotación avícola representa uno de los sectores más importantes de la actividad agroindustrial. A partir de los años 60 empezó a acelerarse como resultado de las exoneraciones otorgadas en el Decreto Legislativo No. 1331 que es la “Ley de Fomento Avícola”, promulgada en diciembre de 1959, que estimuló a las granjas tecnificadas, y originó que la carne de pollo formara parte de la dieta básica de los guatemaltecos. Esta ley expiró al inicio de los años 90, pero cumplió su objetivo al hacer que la industria generara un impacto positivo en la creación de 20,000 empleos directos permanentes y 250,000 empleos indirectos.

Hasta hoy es el recurso proteínico más accesible que tiene la población. Y representa el 2 % del PIB nacional y el 8% del PIB agropecuario.

El insumo básico en la avicultura es el maíz. El consumo es de 300,000 toneladas anuales, de las que se importa 270,000 toneladas de los Estados Unidos, por ser menor su costo y mejor su calidad.

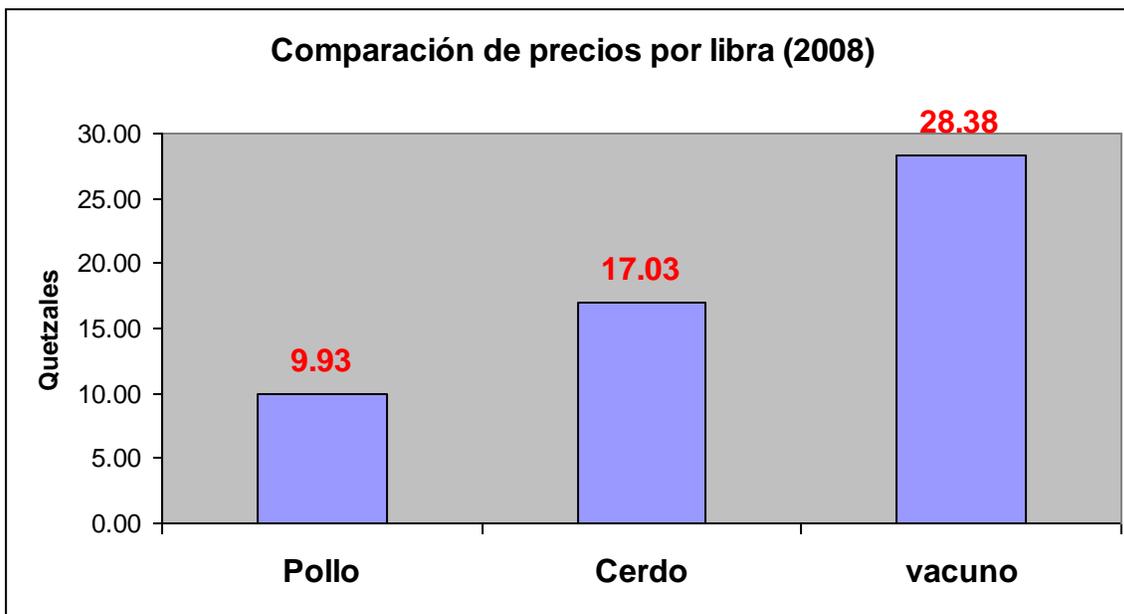
El manejo de la gallinaza ha mejorado, ya que se comercializa como subproducto en forma seca para alimento o húmeda como abono. Existe la posibilidad de procesarla en biodigestores y obtener subproductos como el biogás y el abono.

El proceso productivo de la industria avícola se puede diferenciar en intensivos y extensivos. En el proceso intensivo se albergan los pollos en galpones de 8 x 25 metros, que contienen dos mil unidades por galpón y se ha de tener un contrato de entrega de pollo con peso mínimo determinado, ya que es un proceso tecnificado y predecible con costos conocidos.

En el proceso extensivo el animal esta libre, en contacto con elementos de la naturaleza, busca su alimento y no sufre problemas de temperatura, canibalismo, enfermedades, ni picoteos.

La avicultura es una actividad intensiva en mano de obra, infraestructura y mercadeo no solo a nivel nacional, sino mundial, ya que representa el 22% de la producción mundial de carne. En Guatemala el consumo per capita es de 25 libras año por habitante y su precio es muy inferior al de la carne de cerdo y de res, tal como se aprecia en la gráfica que sigue.

Gráfica 1

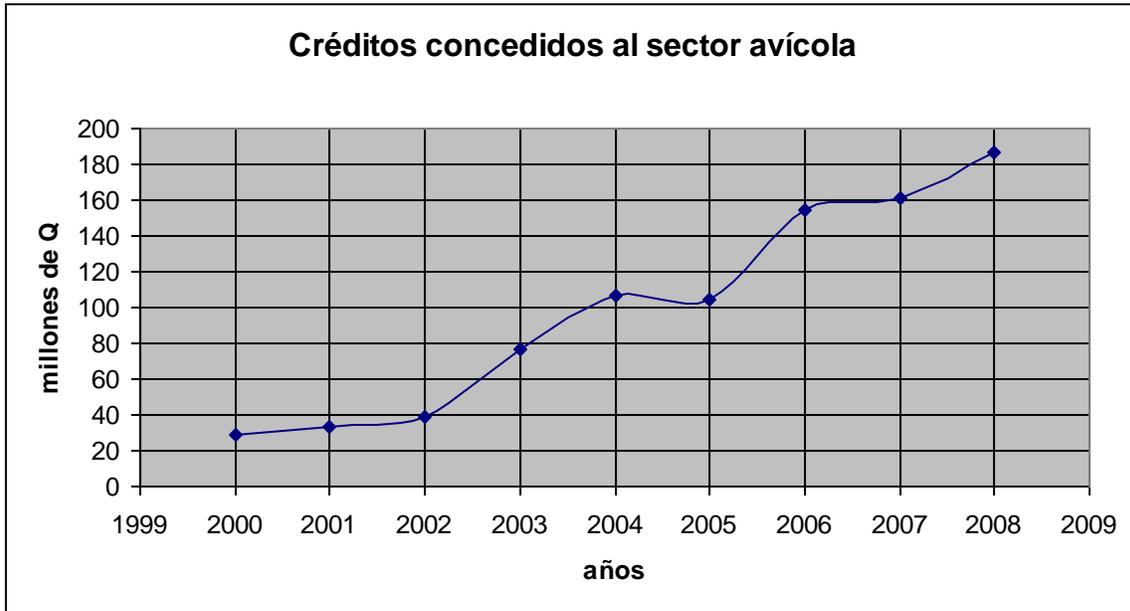


El 85 % del pollo es comercializado en forma entera y sólo el 15 % en partes. Los sitios de expendio son las carnicerías, pollerías de mercados y solo del 5 al 8 % es abastecido por los supermercados. Los líderes de la industria de pollo en Guatemala son: Pollo Rey y Pío Lindo, que concentran el 90 % del mercado.

La actividad avícola destina aproximadamente el 60 % de los gastos de producción a la adquisición de alimentos que es a base de maíz. El mercado nacional es capaz de proveer entre 8 y el 10 % del total de maíz consumido, el resto es importado.

La gráfica 2 muestra el crecimiento de los créditos bancarios destinados a apoyar el sector avícola desde el año 2000 hasta el 2008, al mostrar la importancia del mercado, fuente: Banco de Guatemala.

Gráfica 2



En el cuadro anterior se aprecia el interés que ha tenido el sistema bancario en la avicultura, se ha quintuplicado en ocho años.

En el cuadro No. 1 que sigue, se muestra el número de fincas por departamento y el número de aves; que está desagregada en gallos, pollas, pollitos, reproductoras y ponedoras, la fuente es el Instituto Nacional de Estadística. El departamento de Guatemala es el que posee la mayor cantidad de aves. Lo anterior se justifica porque se incluye al mayor centro de consumo que es la Ciudad de Guatemala, lo cual incide en disminución de costos de transportación al mercado.

Sigue Escuintla, que relativamente está cerca y luego Alta Verapaz y Chiquimula. En cambio, la mayor producción de huevos está en los departamentos de Guatemala, Escuintla y Retalhuleu.

Cuadro 1

Cuadro 1. GALLINAS, GALLOS, POLLAS, POLLOS Y POLLITOS: NÚMERO DE FINCAS, EXISTENCIA DE AVES Y HUEVOS RECOGIDOS EN UN DÍA, EN LA REPÚBLICA, POR CLASE DE AVES, SEGÚN DEPARTAMENTO Y PARÁMETROS DE LA ESTIMACIÓN AL DÍA DE LA ENTREVISTA (DEL 7 DE MAYO AL 17 DE JUNIO 2007)

Departamento y Parámetros de la Estimación	Gallinas, gallos, pollas, pollos y pollitos					
	Número de fincas	Número de aves	Gallos, pollas, pollos y pollitos	Gallinas		
				Reproductoras	Para postura	Huevos recogidos en un día
Total República	609,297	31,430,42₃	19,945,841	2,822,510	8,662,07₂	5,149,713
Guatemala	10,040	4,928,881	1,535,780	184978	3208123	1,821,446
El Progreso	2,902	278,742	188,672	41461	48609	25,222
Sacatepéquez	965	378,042	154,469	27508	196065	138,037
Chimaltenango	28,427	1,258,288	754,298	234737	269253	153,729
Escuintla	9,745	3,810,814	3,022,815	48140	739859	722,157
Santa Rosa	16,585	412,844	290,256	55562	67027	40,417
Sololá	12,408	735,646	359,426	199295	176926	72,814
Totonicapán	42,809	541,672	476,381	11149	54142	46,426
Quetzaltenango	31,549	1,273,297	749,912	329615	193770	136,360
Suchitepéquez	6,478	192,658	153,344	12790	26523	8,847
Retalhuleu	13,213	1,905,252	910,637	181482	813134	644,022
San Marcos	94,592	2,133,845	1,112,623	316556	704666	42,464
Huehuetenango	74,514	1,384,801	1,047,153	159551	178098	87,549
Quiché	67,196	1,958,179	1,666,552	115992	175635	98,648
Baja Verapaz	19,669	948,446	712,043	88804	147599	70,733
Alta Verapaz	85,575	2,335,061	1,799,544	292542	242975	184,147
Petén	8,522	992,039	701,657	118012	172370	100,492
Izabal	15,798	662,889	524,827	95974	42088	37,328
Zacapa	8,125	799,789	445,278	73048	281464	198,434
Chiquimula	33,740	2,739,178	2,081,325	95636	562216	321,547
Jalapa	17,535	1,045,004	759,904	75862	209238	96,623
Jutiapa	8,909	715,058	498,946	63820	152292	102,269

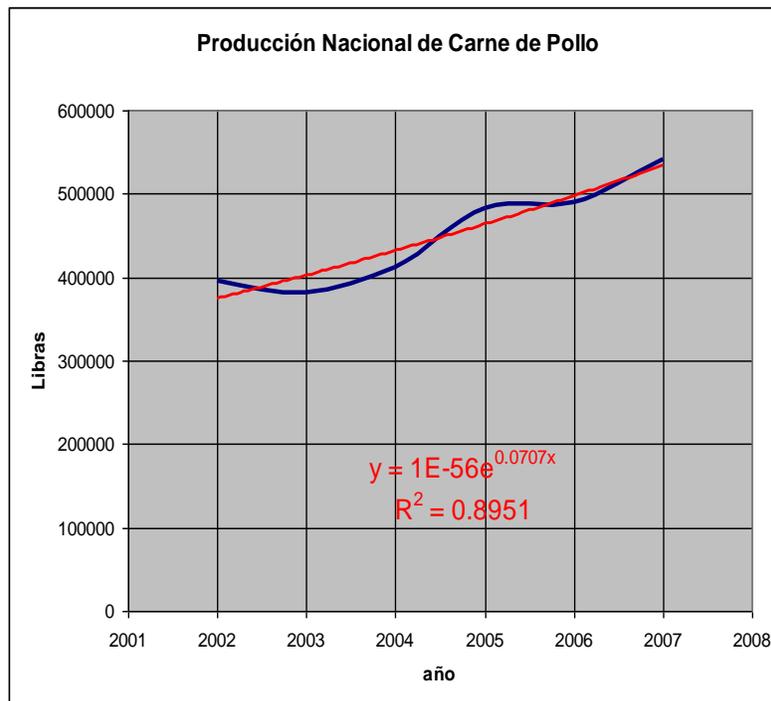
La producción histórica en el período 2002 - 2007 de carne de pollo se aprecia en el cuadro No. 2. La fuente de información para la producción anual de carne de pollo es AVIGUA, mientras que para cuantificar la importación de carne de pollo, fue la Ventanilla de Importaciones del Ministerio de Economía.

Cuadro 2

año	producción libras/año	importación libras/año	Total libras/año
2002	396312	0	396312
2003	381594	0	381594
2004	412243	0	412243
2005	483671	0	483671
2006	490721	0	490721
2007	541611	0	541611

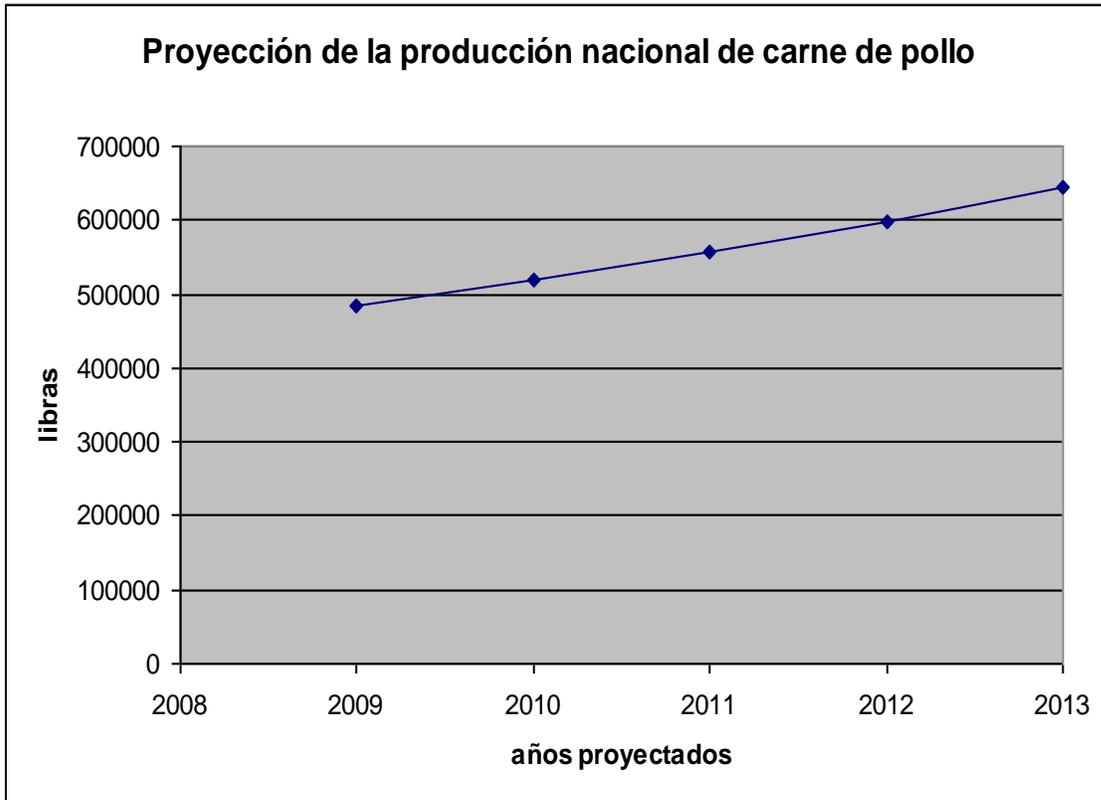
Con los registros históricos de la producción nacional 2002 - 2007, información obtenida en AVIGUA, se proyectó la demanda de carne de pollo. Se utilizó un procedimiento estadístico basado en una correlación exponencial y resultó un coeficiente de regresión del 89.5 %, lo que se aprecia en la gráfica 3.

Gráfica 3



La regresión exponencial da: $Y = 1E-56e^{(0.0707x)}$ en la que, al hacer las sustituciones del caso, se puede estimar la proyección que se muestra en la gráfica 4.

Gráfica 4



Producción de alimento en la industria avícola: debido a que la base del alimento de pollos es maíz y que la producción nacional no es suficiente para abastecerlo, que se debe importar soya para hacer diferentes formulas para concentrado de acuerdo a la etapa de crecimiento del pollo, la fabricación del mismo está en manos de dos empresas nacionales.

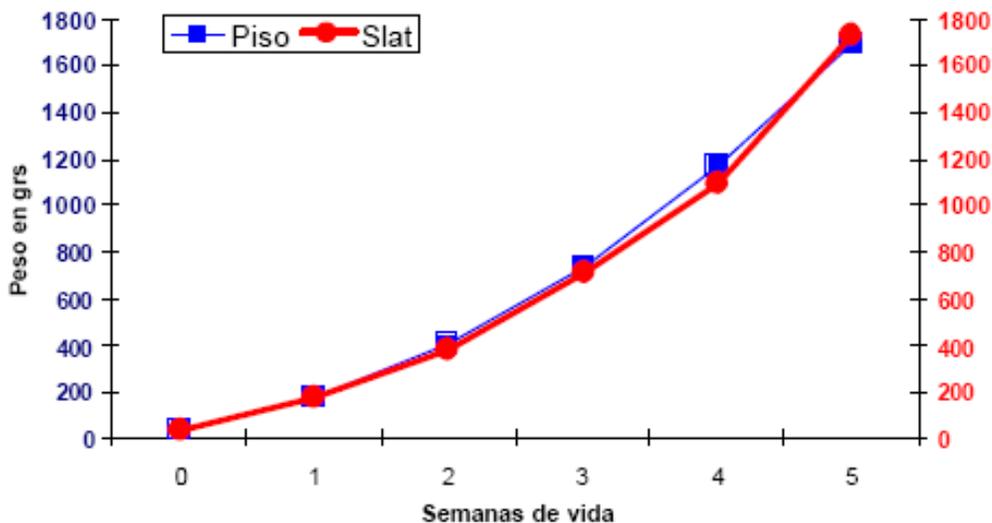
VII. Estudio Técnico

1 Ubicación: El proyecto se desarrollará en jurisdicción del municipio de Oratorio, departamento de Santa Rosa, a 77 kilómetros de la ciudad de Guatemala, accesible por la ruta CA-8, que conduce a la república de El Salvador y cuenta con agua propia y electricidad. Se encuentra a una altura de 940 m.s.n.m, una humedad relativa del 70 % y temperatura promedio anual de 25 °C.

2 Tamaño: Inicialmente se tendrá 4 galpones, con un área total de 1000 m², si se tiene una relación de 10 pollos por metro cuadrado, se espera una capacidad de 10,000 pollos. La tasa de mortalidad típica del proceso de engorde es de 4 %, que resulta ser 400 pollos menos. Y quedan finalmente 9,600 pollos a procesar, al preverse 1,600 pollos por semana, más un área de gestión de 10x14 m².

La cantidad de estiércol, con contenido de humedad de 15 %, producida por un solo pollo está entre 4 y 6 gramos/día dependiendo de la edad, que da un promedio de 75 kg /día (0.1 tonelada/día) por cada 1000 pollos, lo cual formará el sustrato básico para la producción de metano. La producción de excreta en función de la edad se aprecia en la gráfica número 5, donde se compara el pollo en piso y en jaula individual (slat)

Gráfica 5



La cama que se utilizará en los galpones será de cascarilla de arroz, a razón de 5 kg/m² resultan 27.5 quintales de cascarilla de arroz cada 6 semanas. Esto es entendible debido a que la digestión anaeróbica necesita un amplio espectro de nutrientes y se debe preparar una mezcla equilibrada para alimentar el biodigestor. El proceso de engorde es de 6 semanas hasta alcanzar un peso aproximado de 2.0 kilogramos, peso que no deberá ser excedido e indica el momento de la venta.

3 Ingeniería del proyecto: Se ha observado que en cualquier proceso pecuario hay cuatro pilares fundamentales que son: sanidad, genética, nutrición y manejo adecuado de los animales, más cuatro factores productivos que son: tierra, capital, tecnología y fuerza de trabajo, que sumados todos, buscan la productividad como un indicador de eficiencia y del que se desprende la relación: Ganancia = Producto Resultante menos Insumos consumidos.

En el proceso de engorde intervienen la fuerza de trabajo y los medios de producción, constituidos por pollos de un día de nacidos que pasan por el proceso de engorde y se realiza la conversión de alimento por peso ganado, que en promedio por ave debe ser de 1.8 a 2.0 kilogramos, alcanzables en un período de seis o siete semanas, y como es natural quedan residuos biológicos que podrán ser aprovechados para mejorar la productividad.

Se debe considerar que los pollos no crecen a una tasa uniforme, ya que al inicio evolucionan lentamente, luego se acelera el crecimiento y aminora antes de la madurez sexual del pollo.

Otra consideración importante es que los machos crecen más rápidamente que las hembras y alcanzan su peso unos días antes que las hembras. El macho es más eficiente en transformar el alimento en peso.

Este trabajo se orienta especialmente al proceso de la biodigestión anaeróbica, y por ser la parte fundamental de este proyecto se describirán las etapas del proceso.

4 Digestión anaeróbica: Es un proceso natural de fermentación en ausencia de oxígeno en el que se produce una mezcla de gases que se denomina biogás.

A continuación se define las 4 etapas de la digestión anaeróbica:

1. **Hidrólisis:** Consiste en el rompimiento de las cadenas de carbono largas, en cadenas más cortas. En esta etapa se da la conversión de polímeros en monómeros.
2. **Acidogénesis:** Es la conversión de monómeros en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. Esta etapa es crucial y no debe haber presencia de oxígeno.
3. **Acetogénesis:** Etapa en la que las bacterias acetogénicas convierten los ácidos y compuestos aromáticos producidos por el ácido acético, al liberar hidrógeno y dióxido de carbono, que son la materia base de la siguiente etapa.
4. **Metanogénesis:** Es la conversión de ácidos en metano y dióxido de carbono, las bacterias hidrogenófilas consumen el hidrógeno al transformarlo en biogás.

Para que las bacterias generadoras de gas sean productivas, es necesario que se mantengan a la temperatura que le corresponda al tipo de digestor, en este caso se espera un proceso mesofílico con una temperatura del orden de los 30 ó 35 °C.

5 Tiempo de Retención: Es el tiempo que transcurre entre la carga y descarga del biodigestor, es decir, para un sistema semi continuo como el previsto, se determina el volumen de carga diaria de acuerdo a la ecuación (1):

Ecuación (1)

$$TR = \text{Volumen digestor (m}^3\text{)} \times \text{contenido de sólidos(kg/m}^3\text{)} / \text{Sólidos cargados (kg/día)}$$

El volumen de carga diaria se determinará por el número de aves en la instalación.

6 Relación carbono/nitrógeno: El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de nutrientes para las bacterias formadoras de metano. El carbono es fuente de energía y el nitrógeno contribuye a la formación de nuevas células. Esta relación normalmente varía entre 20:1 a 30:1.

Si el nitrógeno es menor, se reduce la producción de metano y si está en exceso, se produce amoníaco y retarda el proceso. Los desechos animales generalmente presentan una relación C:N menor a la óptima. Derivado del gran contenido de nitrógeno, esto básicamente obliga a mezclar otro componente de origen vegetal para balancear la relación.

7 Porcentaje de sólidos: Por la experiencia obtenida en países que han efectuado esfuerzos en desarrollar este recurso, se ha investigado que la carga del biodigestor debe contener entre 10 y 12 % de materia sólida como máximo, normalmente entre 70 % y 90 % son sólidos volátiles.

8 pH: En condiciones normales un biodigestor debe tener una variación en su pH entre 6.8 y 7.6. El aumento del pH se interpreta como exceso de amoníaco, y una disminución del pH representa un incremento en los ácidos grasos volátiles. En ambos casos disminuye la producción de gas. Se debe medir el pH de la biomasa antes de entrar y se debe prevenir que no exceda el rango indicado. Esta actividad debe hacerse diariamente y graficar el pH del biodigestor y del nuevo sustrato, para llevar el control.

Tradicionalmente, para el control de la acidez se utiliza cal hidratada y para mejorar la alcalinidad, bicarbonato de sodio. Fuente de información: Aqualimpia Beretende Ingenieure.

9 Agitación: para que la digestión sea adecuada, debe haber un mínimo contacto entre los microorganismos y el sustrato, por lo que se necesita agitar la masa interna del digestor, con esto se previene la formación de natas y hay una repartición homogénea del sustrato antiguo con el nuevo, al obtener una temperatura uniforme en el biodigestor.

10 Características del biodigestor:

- Hermético
- Térmicamente aislado, para prevenir variaciones de temperatura
- Válvula de seguridad en el compartimiento del gas
- Debe ser accesible para mantenimiento
- Debe tener un mecanismo de mezclado y prevención de natas

11 Tipo de digestor a utilizar: Se ha planificado la utilización de un biodigestor de régimen semicontinuo, ampliamente utilizado en Asia y caracterizado por cargarse cíclicamente. Su descarga es también cíclica.

En el sustrato de entrada no debe cambiarse la composición del sustrato ni su proporción, se debe tener un protocolo de control, y debe medirse continuamente la acidez de la materia resultante.

12 Preparación la biomasa: Debe tenerse cuidado en lo siguiente:

- Extraer sólidos inertes o extraños a los sustratos de ingreso
- Garantizar la pureza del agua
- Picar los residuos vegetales
- Reducir al máximo la granulometría resultante
- Mezclar los sustratos con agua y homogenizarlos
- Se puede precalentar el material
- Se debe hacer la medición de pH, granulometría y pureza de la mezcla
- Se puede utilizar el sustrato resultante al final del proceso para recircularlo

En el caso de este proyecto se cuenta con un pozo artesanal, que tiene una profundidad de 7 metros, de los cuales 5 son útiles, con un aforo de 125 GPM el cual ha pasado satisfactoriamente las pruebas físico-químicas bajo la norma COGUANOR NGO29 001:99. Las pruebas bacteriológicas bajo la misma norma recomiendan clorar el agua por la presencia del grupo coniforme.

13 Masa seca (MS): Es la cantidad de sólidos que contiene la biomasa deshidratada, o la parte seca y sin humedad de un residuo, es un parámetro básico de la biodigestión.

Se calcula como la materia seca total que ingresa cíclicamente al biodigestor. El porcentaje óptimo debe estar entre 8 y 12 %, si se aumenta este porcentaje hay que bombear con medios mecánicos la materia, se encarece el proceso y se reduce la producción de biogás.

La determinación de la materia seca se basa en la norma 2540 E ApHA de 1995, la que establece:

$$\text{Humedad (\%)} = ((P1 - P2) * 100) / P2 \quad \text{ecuación (2)}$$

En la que P1 = peso inicial de la muestra en gramos

P2 = peso final de la muestra después de secado

$$\text{Masa Seca (\%)} = 100 \% - \text{Humedad (\%)} \quad \text{ecuación (3)}$$

14 Masa Volátil (MV): Es el contenido de masa orgánica que tiene la biomasa. Se estima como el contenido de ceniza que tiene una muestra, sometida a un proceso de incineración durante 6 horas y a una temperatura de 550 °C. Es importante señalarla, porque es el contenido de **MV** la única parte que se transforma en biogás, el resto es agua y no produce biogás, la **MV** también se conoce como oTs, organik Trocken Substanz, en alemán.

$$\text{MV (\%)} = (\text{MS(g)} - \text{Ceniza(G)}) * 100 / (\text{MS(g)}) \quad \text{ecuación (4)}$$

15 Carga Orgánica Volumétrica (COV): Es la cantidad de MS con que se alimenta cíclicamente el biodigestor. Se define como kg de MS por m³ de volumen del biodigestor (kg/m³). El COV teórico debe estar entre 2 ó 3 kg MV/m³ en el caso de cargas diarias, si el COV es mayor a 3 kg MV/m³, el efluente de salida fluirá sin degradar, que resulta en un proceso ineficiente. COV es un parámetro de control de carga y es factor clave en el dimensionamiento del biodigestor.

En el cuadro 3 se aprecia el cálculo de la COV para un biodigestor de 1000 m³ y un volumen de 10 m³ diarios con dos sustratos de origen animal y dos de origen vegetal. En el mismo se puede apreciar la diferencia de los pesos específicos por unidad de volumen y las diferencias de la COV diarias.

Cuadro 3

Origen de biomasa	Volumen m ³ /día	Peso Específico kg/m ³	Carga kg/m ³	% MS	MS kg	% MV	MV kg	COV kgMV/m ³ día
Ganado	10	600	6000	12	720	80	576	0.58
Gallinaza	10	750	7500	28	2100	85	1785	1.79
Cáscara de arroz	10	780	7800	30	2340	92	2153	2.15
Maíz ensilado	10	650	6500	32	2080	92	1914	1.91

En el cuadro 4 se estimará la COV para un 1 m³ diario y biodigestor de 150 m³ siendo un décimo del caso anterior y los resultados no son proporcionales.

Cuadro 4

Origen de biomasa	Volumen m ³ /d	Peso Específico kg/ m ³	Carga kg/m ³	% MS	MS kg	% MV	MV kg	COV kgMV/m ³ d
Ganado	1	600	600	12	72	80	57.6	0.38
Gallinaza	1	750	750	28	210	85	179	1.19
Cáscara de arroz	1	500	500	30	150	82	123	1.44
Maíz ensilado	1	650	650	32	208	92	191	1.28

16 Tiempo de Retención Hidráulica (TRH): Es el tiempo de permanencia de la biomasa dentro del biodigestor y no existe una regla para el tiempo de permanencia pero se suele estimar en días, de la relación entre el cociente de dividir el volumen del digestor entre el volumen de carga diaria. Si el tiempo de retención es muy bajo, las bacterias no tienen el tiempo suficiente para degradar la materia orgánica. La temperatura tiene una influencia muy importante en el proceso. Los dos factores que afectan a la TRH son: tipo de sustrato y la temperatura.

Si el sustrato tiene mucho contenido de celulosa, su TRH es mayor. Lo recomendable para cargas diarias es COV no exceda 3 kgMV/m³ día. La forma de interpretar el TRH es dada por la ecuación (5):

Ecuación (5)

$$\text{TRH} = \text{Volumen digestor (m}^3\text{)} / \text{Volumen de carga diaria (m}^3\text{/día)}$$

Volumen de seguridad: un 20 % adicional al calculado

Producción de biogás: 4 a 6 semanas

El contenido de celulosa de la cascarilla de arroz es de 30%. Fuente: Agustín Valverde “Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz”. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

En el cuadro 5 que sigue se muestran las características más importantes de algunos sustratos y cuáles son sus cualidades físicas de la materia, relación carbono – nitrógeno y la producción de biogás.

Cuadro 5

Excreta de	Materia Seca MS	Materia Volátil oTS	Relación C/N	Producción Biogás
	%	%		m ³ /kg oTs
Vacuno	7 a 10	77 a 85	10 a 20	0.18 a 0.40
Cerdo	5 a 7	77 a 78	8 a 15	0.30 a 0.52
Gallina	18 a 32	75 a 83	7 a 10	0.33 a 0.65
Caballo	25 a 28	72	18 a 25	0.20 a 0.35

17 Nutrientes: Para el crecimiento y actividad microbiana es necesario un aporte de nutrientes a las bacterias. El carbono, el nitrógeno, el fósforo y el azufre deben estar presentes en el sustrato que alimenta la biodigestión. Las concentraciones pequeñas de sodio, potasio, calcio o hierro, ayudan a la descomposición del sustrato y la creación de metano.

18 Mezclado del sustrato: La agitación del sustrato tiene diversos objetivos, que se resumen en lo siguiente:

- Mezclar sustrato de reciente ingreso con efluentes que ya cuentan con población bacteriana
- Facilitar la salida del gas
- Prevenir la formación de natas
- Homogenizar la temperatura
- Mejorar la distribución de nutrientes

Los desechos más comunes son de ganado vacuno, de cerdo y la gallinaza. Los porcentajes de MS en el estiércol de cerdo o vacuno son similares.

El estiércol de cerdo produce más biogás por m³ de biomasa que el ganado vacuno, pero la gallinaza produce la mayor cantidad de biogás por el alto contenido de sólidos volátiles u oTS.

La gallinaza debe procesarse con otro sustrato que tenga menos contenido de sólidos volátiles y una alta relación C:N.

En el cuadro 6 se exponen los resultados de un análisis fisicoquímico de los sustratos mencionados.

Cuadro 6

Análisis físico químico de sustratos animales				
Parámetro	Unidad	Cerdos	Vacunos	Pollos
MS	%	6	12	28
MV	%	80	80	85
DQO	(g/l)	57	92	242
DQO disuelto	% de DQO	27	32	31
N	(g/l)	3.8	4.1	19
C	%	2.3	2.95	9.63
P	%	0.14	0.11	0.61
K	%	0.063	0.22	0.19
pH	(-)	6.9	7.1	7.8

En el cuadro 7 se indican los promedios de MS y MV, como el contenido de nutrientes para los sustratos del cuadro anterior.

Cuadro 7

Sustrato	MS (%)	MV (%)	Biogás m³/kg MV	%CH₄
Estiércol de ganado	12	80	370	55
Cerdaza + agua de lavado	6	80	400	60
Gallinaza	28	85	500	65

Para cada proyecto debe hacerse el análisis fisicoquímico respectivo y determinar los porcentajes reales de MS y MV.

En el cuadro 8 aparece el rango por especie animal de la producción de excretas y producción de biogás al hacer referencia al peso por especie.

Cuadro 8

Especie	Peso especie kg	Producción excremento en kg/día	Producción diaria biogás en m³/animal
Cerdos	40 a 50	4 a 6	0.18 a 0.20
Vacas	400 a 500	20 a30	0.30 a 0.60
Pollos	1.5 a 2.0	0.1	0.007 a 0.011

La producción de excretas por peso vivo animal es tabulada en el cuadro 9:

Cuadro 9

Especie animal	Pollos engorde	Gallinas ponedoras	Cerdos	Vacas	Dimensión
Peso vivo animal	2	2	70	500	kg
Total estiércol kg/d	0.085	0.064	0.084	0.086	kg/kg peso vivo de animal por día

Como se indica en el siguiente cuadro 10, las relaciones de MS, MV, producción de biogás y amoníaco, son constantes en función del peso vivo, independientemente del tamaño del pollo.

Cuadro 10

Sustrato excretado	MS %	MV %	Biogás m³/kg MV	CH₄
Pollito	28	85	0.55	62
Pollo de engorde	28	85	0.55	62
Gallina ponedora	28	85	0.55	62

La cantidad de gallinaza producida diariamente por cada animal depende de la edad, tipo de alimento y peso promedio del pollo. La producción de biogás derivado de la gallinaza se determina por el porcentaje de MV. Si la MS de la gallinaza es del orden de 25 al 30 % y la MV es el 85% de la MS, se puede estimar que por cada kilogramo de MV se puede obtiene un volumen aproximado de 0.45 m³ de biogás.

19 Cultivos energéticos: son todas aquellas plantas de origen vegetal que se pueden utilizar para incrementar la producción de metano al mezclarse con excretas animales. En el cuadro 11 se indican las cualidades del maíz y de la cascarilla de arroz.

Cuadro 11

Sustrato vegetal	MS (%)	MV (%)	N	NH ₄	P	m ³ /t MV
Forraje de maíz	25 a 35	85 a 95	1.0 a 1.2	0.15 a 3.0	0.2 a 0.3	450 a 700
Centeno	30 a 35	92 a 98	4	0.57	0.71	550 a 650
Cascarilla de arroz	18 a 20	60 a 65	0.38	0.60	0.40	400 a 600

20 Codigestión: Debido a las cualidades fisicoquímicas de la biomasa se considera imprescindible la codigestión de varios tipos de materia dentro del mismo biodigestor, ya que sustratos con alto contenido de MS y baja relación C:N, pueden causar problemas de formación de amoníaco, o baja productividad de gas.

La gallinaza tiene alto valor de MS y relación C:N de 10:1 por lo que si se le agrega maíz con alto valor de MS, se obtiene una codigestión con mejor rendimiento de gas debido a:

- Mejora en el balance de nutrientes
- Aumento de la carga orgánica de material biodegradable
- Mejora el tiempo de biodigestión
- Mejora la producción de biogás

21 Demanda Química de Oxígeno DQO: Es la cantidad total de oxígeno en mg/l necesarios para oxidar completamente la sustancia orgánica contenida en un litro de suspensión, la cantidad eliminada de DQO se convierte en gases y por el principio de conservación de la materia el metano resultante es 0.35 m³ CH₄/kg-DQO eliminada, en condiciones normales de presión y temperatura.

22 Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅: Es el consumo de oxígeno en mg/l de suspensión durante la degradación por microorganismos en 5 días a 20°C.

23 Relación Carbono – Nitrógeno: Para el desarrollo de la flora microbiana es necesario que la biomasa contenga nutrientes, el consumo de carbono es superior al de nitrógeno en forma amoniacal en una relación C/N = 30:1, ya que cuando la relación es estrecha, por ejemplo 10:1 hay pérdidas de nitrógeno, que reduce la potencialidad del material en proceso.

Si la relación es muy amplia, se arruina el proceso porque hay deficiencia de nitrógeno.

24 Características del Biogás: El biogás es más liviano que el aire, se compone de 60 % Metano (CH₄), 40% dióxido de Carbono (CO₂) y un porcentaje muy bajo de otros gases, su temperatura de inflamación es próxima a 700 °C, el tiempo de retención tiene que ver en el porcentaje de composición del Metano. En el cuadro se muestran las temperaturas de inflamación del biogás y otros combustibles:

Cuadro 12

Temperatura de inflamación	°C
Biogás	700
Diesel	350
Gasolina	500
Propano	501

El poder calorífico del gas es de 4700 a 5500 kcal/m³, o entre 5 y 7 kWh /m³ y se puede generar hasta 22,000 BTU/m³. Un metro cúbico de biogás es capaz de producir 2 kWh, o hacer funcionar un motor de 1 HP por dos horas. El requisito para quemar 1 m³ de biogás es de 5.7 m³ de aire.

25 Temperatura del ambiente: Es fundamental conocer la temperatura del medio ambiente, medir la máxima, media y mínima temperaturas para calcular la temperatura media del sitio en el transcurso del año. La temperatura es básica para establecer el TRH (tiempo de retención hidráulica), ya que al aumentarla disminuye el TRH, así como el volumen de digestor.

26 Dimensionamiento de una planta de biogás: Para estimar el tamaño de una planta de biogás se debe conocer el tipo de sustrato, el volumen de excretas y su disponibilidad en el tiempo, en el caso de estiércoles. Debe calcularse la correspondiente biomasa en función del número de animales y su peso promedio, luego establecer el % MS (masa seca) para dimensionar del biodigestor, con el % de MV (masa volátil) se determina la cantidad de biogás que se producirá. Otro método es pesar la masa de la excreta.

27 Estructuras necesarias de una planta productora de biogás:

1. Tanque de alimentación
2. Sistema de alimentación
3. Dimensión del digestor
4. Tanque de descarga
5. Lecho de secado de lodos
6. Tuberías de captación y conducción de gas
7. Sistema de purificación de gas
8. Sistema de generación
9. Antorchas

28 Tanque de alimentación: Para conocer el volumen del tanque es necesario fijar el porcentaje de dilución (D), que es el porcentaje de agua o BIOL que se agrega a la biomasa para iniciar la hidrólisis, generalmente este parámetro debe estar entre 10 % y 12 % lo que implica agregar 90 % u 88 % de agua.

Luego se necesita conocer el volumen de afluente: $(V_m) = MS/D$ ecuación (6)

El volumen de agua $V_a = (V_m) MS/D - Q$ ecuación (7)

Volumen del tanque = (V_m) + libranza

ecuación (8)

La libranza es 0.5 metros en los bordes para evitar derramamientos.

El cuadro 13 presenta valores típicos de la gallinaza para un ejemplo de 5 m³ diarios.

Cuadro 13

Tipo de biomasa	gallinaza	
Cantidad de biomasa (Q)	5	m ³ /d
% MS (masa seca)	28	%
Masa Seca (MS)	1.4	m ³
Dilución (D)	10	%
Afluente requerido (V_m) = MS/D	14	m ³
Volumen de agua (V_a) = MS/D-Q	9	m ³
Volumen tanque = (V_a) + libranza	14	m ³
Libranza de seguridad	0.5	M

29 Sistema de alimentación: Puede ser manual o automático para períodos de carga previamente definidos.

30 Dimensión del digestor: Conocidas la COV y el TRH se puede determinar el volumen de biomasa más el volumen de agua, entonces el tamaño del digestor es = $V_m \times$ TRH

Ejemplo de cálculo:

Tipo de biomasa = gallinaza

Peso específico de la gallinaza = 750 kg/m³

Cantidad disponible Q = 5 m³

% MS = 0.28

% MV = 0.85

Masa Seca MS = 5 m³ x 0.28 = 1.4 m³

Masa Volátil MV = 5 m³ x 0.28 x 0.85 x 750 kg/m³ = 892.5 kg

Dilución $D = 0.10$

Afluente necesario $MS/D = 1.4 \text{ m}^3 / 0.10 = 14 \text{ m}^3$

Volumen del digestor $V_d = 14 \text{ m}^3 \times 45 = 630 \text{ m}^3$

$COV = MV / V_d = 892.5 \text{ kg} / 630 \text{ m}^3 = 1.42 \text{ kg/m}^3\text{d}$

TRH = 45 días (dato)

31 Tanque de descarga: Por lo menos, el volumen de este tanque debe ser similar al volumen del afluente V_m .

32 Lecho de secado: Depende del ciclo de llenado del digestor y del uso que se le dé al efluente resultante y debido a la degradación de la masa volátil MV que se transforma en biogás, puede haber una variación que se encuentra entre el 50 y el 75 % del volumen de entrada.

33 Tuberías de captación de gas: Se calculan para un flujo de biogás inferior a 3.5 m/s y debe recurrirse a manuales específicos para optimizar su uso.

34 Purificación del biogás: Las bacterias oxidantes transforman el sulfuro de hidrógeno H_2S en azufre, ácido sulfhídrico y agua. Se debe proporcionar oxígeno al volumen del digestor en proporción del 2.5 % del volumen diario de biogás que se obtenga, si se aumenta el oxígeno se puede inhibir el proceso de fermentación, se estima así:

$$\text{Aire}_{\text{mínimo}} = ((1.5 \text{ E} - 06) / 0.21) \times H_2S V_{\text{Biogás}} \quad (\text{m}^3_{\text{aire}}/\text{h}) \quad \text{ecuación (9)}$$

Donde: H_2S = cantidad de sulfuro de hidrógeno que se debe reducir en ppm y $V_{\text{Biogás}}$ = volumen de biogás en m^3/h . Otra manera de limpiar el biogás es utilizando biofiltros, los cuales pueden ser de viruta de madera, bagazo de caña, piedra pómez, piedras volcánicas o cáscara de arroz. El filtro debe oxigenarse como se comentó antes.

35 Evaluación del Proyecto: Para evaluar este proyecto se consideró usar en un caso, sólo la excreta del pollo y en un segundo caso, combinarla con cascarilla de arroz. Las condiciones de tener sólo excreta se aprecian en el cuadro 14:

Cuadro 14

Número de Pollos	10000	Pollos
Peso promedio de los pollos	1.5	Kg
Alcance de la recolección	95	%
Producción de excreta por cada 10000 pollos	750	kg/d
Materia Seca MS del sustrato	28	%
Materia Volátil MV del sustrato	85	%
Producción de excreta diaria	1068	kg/d
Materia Seca Resultante MS	299.25	kg/d
Materia Volátil MV Resultante	254.36	kg/d

En el cuadro 15 se resumen las condiciones de la cascarilla.

Cuadro 15

Cascarilla por metro cuadrado	5	kg/m²
Área promedio por galpón	400	m²
Total de cascarilla	2000	Kg
MS de la cascarilla	19.9	%
MV de la cascarilla	60.6	%
Aporte diario de cascarilla	0.28	T

En el cuadro 16 se tiene el TRH y el volumen de digestor al combinar sustratos.

Cuadro 16

Dilución	12	%
MS de la mezcla	354.97	kg/d
MV de la mezcla	288.13	kg/d
Tiempo de Retención Hidráulica TRH	27	D
Volumen de biodigestor	144	m³
Margen de seguridad	20	%
Volumen final de biodigestor	150	m³
Carga Orgánica Volumétrica	1.96	kg/m³d

Para el caso de disponer solamente la excreta en el biodigestor se necesita un TRH de 22 días, un volumen de almacenamiento de 53 m³, la carga volumétrica de 3.74 kg/m³d, una producción de metano de 41 m³ diario, toneladas equivalentes de CO₂ no emitidas de 230 T/año, una producción de 12 kW diarios y 193 kg/d de lodo seco ó 2803 kg/d de biol.

Cuando se mezcla la cascarilla con la excreta, los resultados son: TRH de 23 días, se incrementa un día, el volumen del digestor aumenta a 65 m³, mientras que la carga orgánica volumétrica de 3.51 kg/m³d disminuye en este caso, la producción de metano sube a 53 m³ diario. Las toneladas equivalentes de CO₂ no emitidas se incrementan a 306 T/año, la producción de potencia eléctrica sube a 16 kW y la producción de lodo seco sube a 230 kg/d ó 2383 kg/d de biol.

Como se deduce, la combinación de sustratos mejora el rendimiento del biodigestor, tanto en metano como en abono y también en reducción de emisiones al ambiente.

36 Diseño de los biodigestores del proyecto: Los biodigestores se han diseñado para ser enterrados y son del tipo geomembrana. El volumen estimado es de 53 m³ para el manejo de 10,000 aves. En el cuadro 18 se aprecian las dimensiones, que pueden ser sujetas a cambio, siempre que se respete el volumen. En el capítulo IX se hará un ensayo de biodigestor económico.

Cuadro 18

Biodigestores		
Unidades requeridas:	1	
Tipo:	Bajo tierra	
Material:	Geomembrana	
Volumen total requerido:	52,59	m³
Volumen de cada unidad:	52,59	m³
Largo:	5,29	m
Ancho:	3,89	m
Profundidad:	4,50	m

Los datos hidráulicos del biodigestor se tienen en el cuadro 19:

Cuadro 19

Datos hidráulicos biodigestor		
Tiempo de retención hidráulica:	22	Días
Carga orgánica volumétrica:	3,74	kg/m³d

El dimensionamiento del tanque de alimentación se aprecia en el cuadro 20:

Cuadro 20

Tanque de alimentación		
Forma:	Circular	
Volumen:	1,17	m³
Largo:	1,11	m
Ancho:	1,11	m
Profundidad:	1,20	m

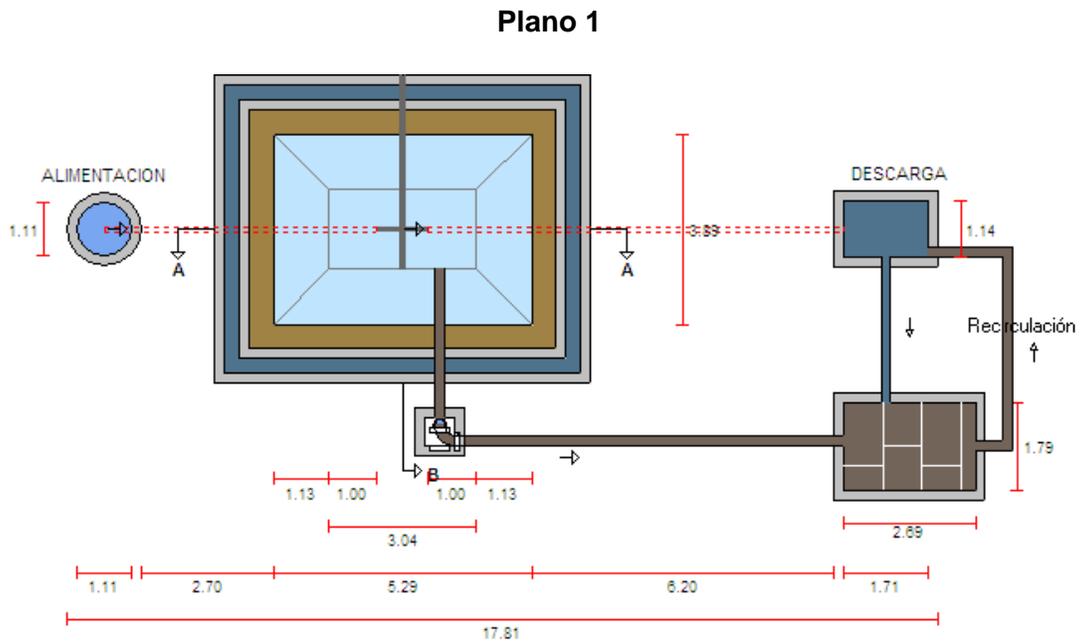
El tanque de descarga está definido en el cuadro 21:

Tanque de descarga		
Volumen:	2,34	m³
Largo:	1,71	m
Ancho:	1,14	m
Profundidad:	1,20	m

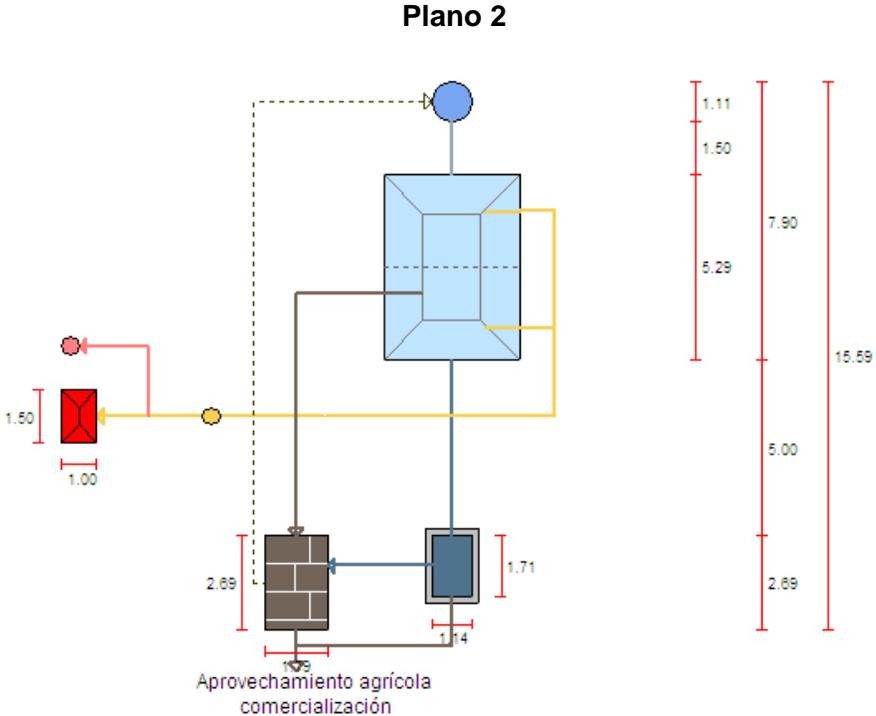
El patio de secado de lodos tiene las dimensiones siguientes, según el cuadro 22:

Patio de secado		
Área:	4,83	m ²
Largo:	2,69	m
Ancho:	1,79	m

El diagrama con las dimensiones del biodigestor, tanque de alimentación, tanque de descarga y patio de secado se muestra en el plano 1. En él también se aprecia la dirección del flujo de alimentación y descarga. La línea perpendicular a esta es la salida de gas:

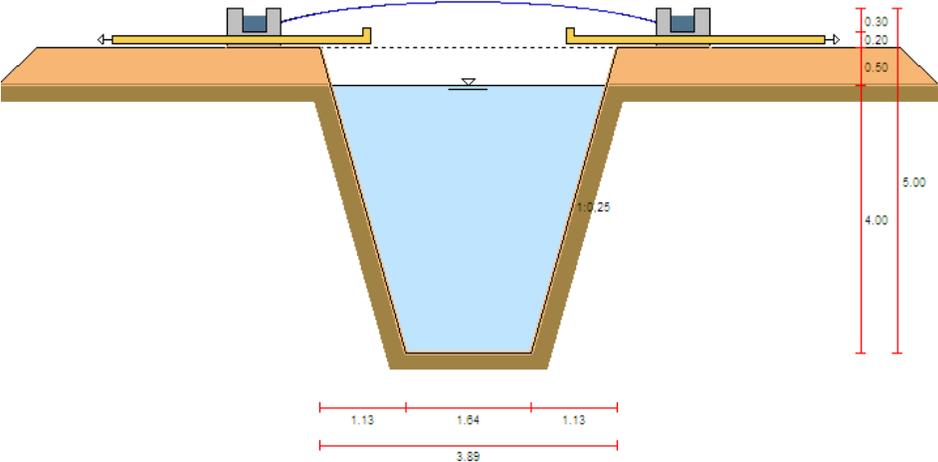


En el Plano 2, se aprecia la salida del gas del biodigestor al motor/generador, dibujado en rojo.



Los detalles del biodigestor se describen en el Plano 3, que es enterrado y construido con geomembrana:

Plano 3



37 Obras físicas y terrenos: se cuenta con un área de 21,300 m² para dedicarla al proyecto, o sea que ya se cuenta con el terreno. Sin embargo, hay que modificar la instalación eléctrica y crear un sistema de distribución de agua adecuado para los galpones. También mejorar la iluminación y modificar las galerías existentes, de manera que la ventilación y humedad sean las adecuadas. Además, falta adquirir el equipo necesario para bebederos y comederos automáticos. En el Plano 4 se muestra el terreno con curvas a nivel a cada metro.

Plano 4

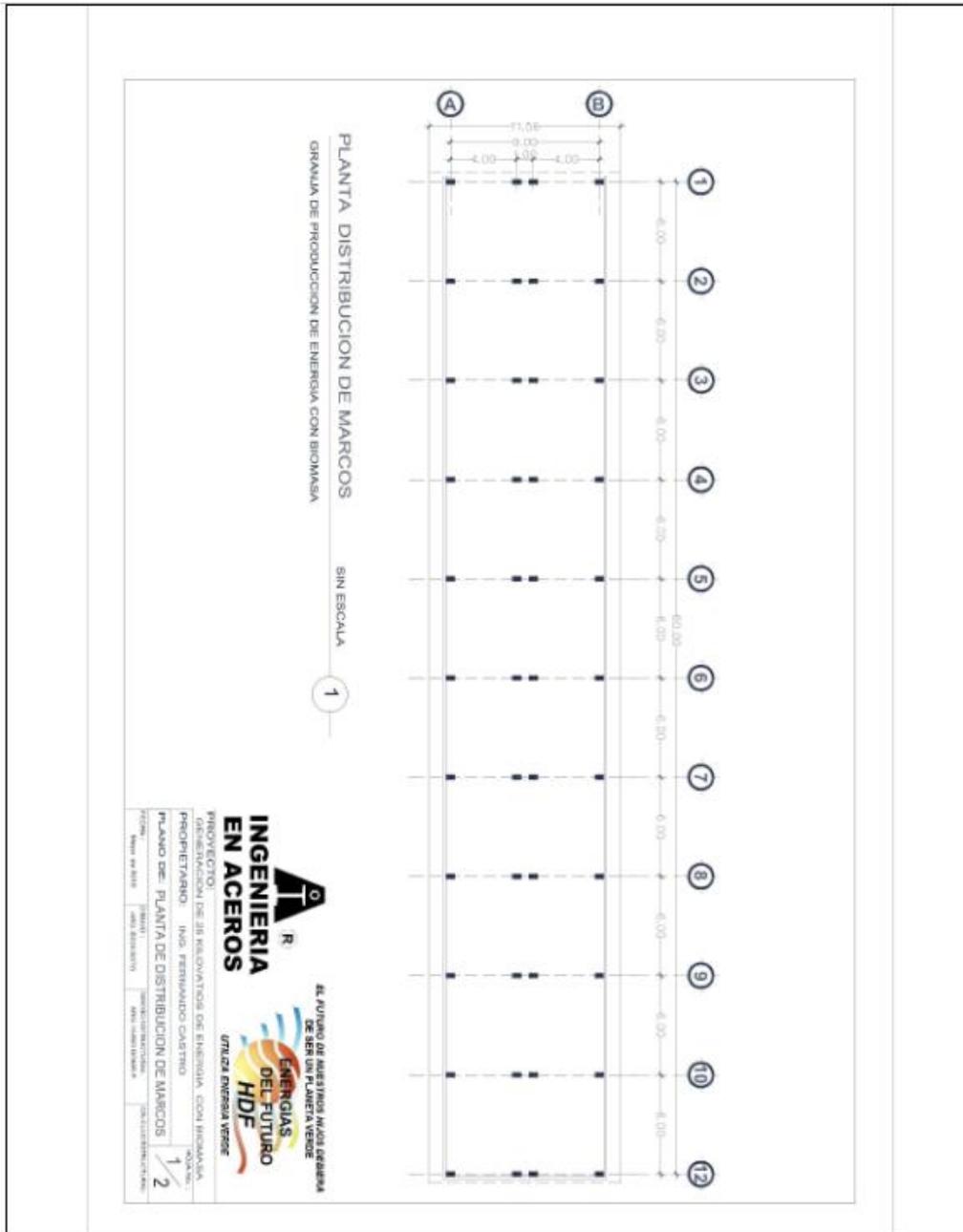


Actualmente se están remodelando las galerías existentes que tienen las dimensiones siguientes: galería 1, con área de 16x25 m²; galería 2, con área de 12x40 m²; galería 3, con área de 20x20 m², que suman 1280 m², de los cuales 1000 serán destinados a galpones y el resto a bodegas, área administrativa y servicios.

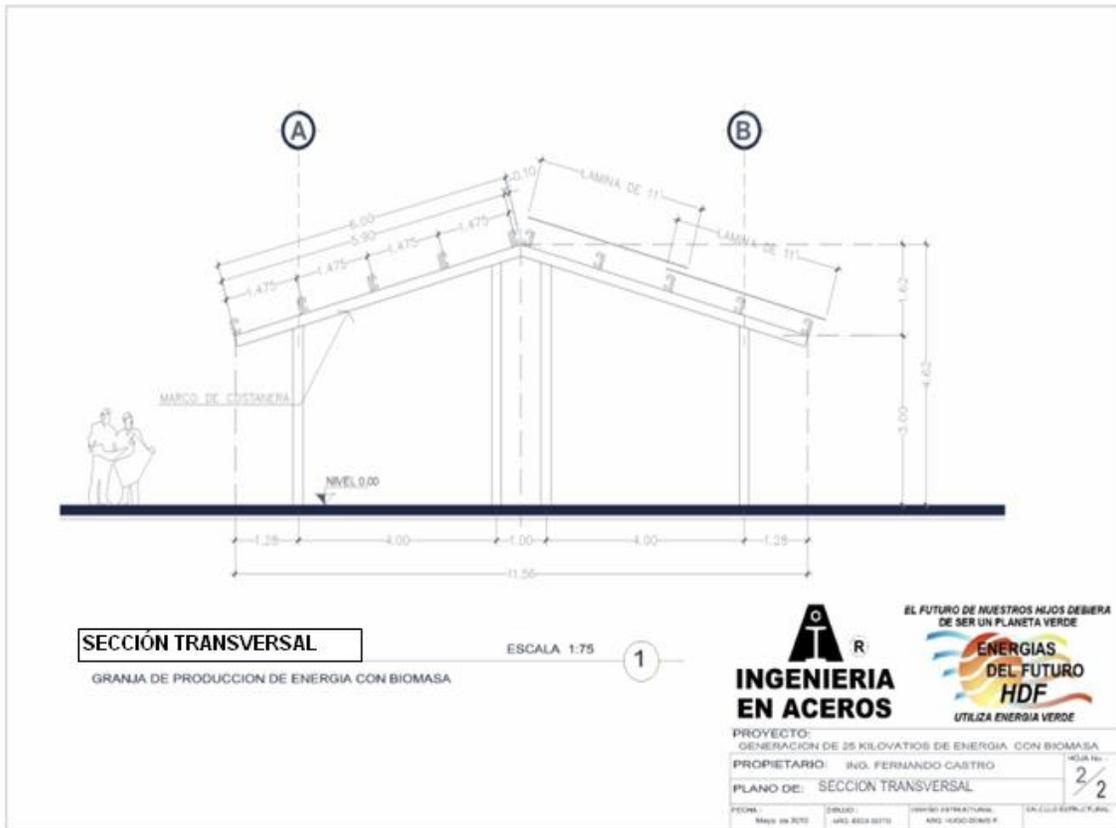
Se tiene destinada un área de 18x20 m² para la instalación de los biodigestores y quedan otros patios para implementar galpones para otra etapa del proyecto.

38 Diseño de nuevas instalaciones: Se presentan los planos 5 y 6 con el diseño de los nuevos galpones con capacidad para 7,000 aves, el plano 5 presenta la planta y el 6 el perfil del galpón.

Plano 5



Plano 6



VIII Estudio Administrativo – Legal

1 Marco Administrativo Legal: La organización presenta un esquema vertical simple, en el que se tiene integradas: la administración, la operación y la comercialización.



La administración directa y a través de sus dueños, tendrá el control de gastos, de ingresos de materias primas, de egresos, de pago de impuestos, de autorización así como el pago de salarios, el control de indicadores contables, los recursos humanos, la coordinación de la seguridad y la capacitación.

Como soporte administrativo se tendrá un contador, quien se encargará de la gestión de los libros autorizados por la SAT.

La capacitación será coordinada con AVIGUA, que es la Asociación de Avicultores de Guatemala y entre sus planes cuenta con capacitación para sus afiliados.

En la operación habrá 2 personas, responsables del cuidado de los galpones y control de los alimentos, agua e insumos necesarios en el proceso. La administración tendrá a su cargo el manejo de software para gestión avícola y un médico veterinario.

El área comercial contará con 1 persona con vehículo, para la comercialización de 1600 pollos semanales, según contrato de entrega. Se muestra un resumen en el cuadro 23.

Cuadro 23

Área	Trabajadores	Salario Q
Administrativa	Contador	3500
Operativa	Operario 1	2000
	Operario 2	2000
Comercial	Encargado	2000
Total		9500

2 Marco Legal de la Empresa: Los pasos obligados para satisfacer el tema legal son:

- Constitución comercial de la empresa
- Marco legal de funcionamiento
- Marco legal laboral
- Marco ambiental

Para la constitución de la empresa es necesario verificar El Nombre o Razón Social de la Empresa, elaborar el acta de constitución y nombrar a un representante legal por medio de una Escritura Pública, el nombre del proyecto es Agroindustria Hensa.

Se debe inscribir en el Registro Mercantil y llenar los formularios respectivos, pagar los derechos del caso, habilitar los libros obligatorios y emitir las facturas con su régimen de retención autorizado, previo registro del Número de Identificación Tributaria en la SAT.

3 Marco Legal: El ordenamiento legal vigente del mercado avícola interno está conformado por leyes, códigos, reglamentos, acuerdos y normas, que son los instrumentos legales a cargo de instituciones responsables de su aplicación. Las leyes fundamentales son la Ley de Protección al Ambiente y la Ley de Sanidad Animal y vegetal. Además se enfatiza el Código de Salud. Se muestran en el cuadro 24 que sigue, la descripción de estas:

Cuadro 24

MARCO LEGAL VIGENTE		
LEYES		
Nombre	Numero de instrumento	Responsable
Ley de protección y Mejoramiento del Medio Ambiente	Decreto 68-96 del Congreso de la República	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Ley de Sanidad Animal y Vegetal	Decreto 109-97 del Congreso de la República	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
CÓDIGOS		
Código de Salud	Acuerdo Gubernativo 90 - 97 del Congreso de la República	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
REGLAMENTOS Y ACUERDOS		
Reglamento para el control de Productos Biológicos, Químico-Farmacéuticos, Pesticidas, Alimentos, Equipos y Servicios Profesionales para animales	Acuerdo Gubernativo 06 - 06 1979	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Acuerdo que prohíbe la utilización de gases clorofluocarbonos	Acuerdo Gubernativo 250 - 89	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos	Acuerdo Gubernativo 522 - 99 y sus reformas en Acuerdo Gubernativo 505 - 2007	Ministerio de Energía y Minas
Reglamento de la Ley de Sanidad Vegetal y Animal	Acuerdo 745 - 99	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios	Acuerdo 509 - 2001	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
Reglamento de Rastros para Bovinos, Porcinos y Aves	Acuerdo 411 - 2002	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Reglamento de Descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos	Acuerdo 236 - 2006	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental	Acuerdo 431 - 2007 y sus reformas AG 33 - 08 y 89 - 08	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Reglamento para la inocuidad de los alimentos	Acuerdo 969 - 2009	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

NORMAS		
Norma Zoosanitaria de Importación de Animales, Productos y Subproductos de Origen Aviar	Acuerdo Ministerial 1029 - 99	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Normas Generales de Carácter Obligatorio, aplicables a la Importación y tránsito de animales, recursos hidrobiológicos, sus productos y subproductos	Acuerdo Ministerial 1090 - 2001	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Normas Generales de Carácter Obligatorio, aplicables a la Importación y tránsito de animales, recursos hidrobiológicos, sus productos y subproductos	Acuerdo Ministerial 1090 - 2002	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Contingente Arancelario de Carne y Despojos Comestibles de Aves de Especies Domésticas	Acuerdo Ministerial 135 - 2001	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Normas relativas a los servicios de diagnóstico en materia de enfermedades aviares	Acuerdo Ministerial 1166 - 2003	Laboratorio de Omipatología de la USAC
Arancel aplicable ala importación - DAI- de la Carne y Despojos Comestibles de Gallo o Gallina	Acuerdo Ministerial 23 - 2004	Ministerio de Economía
Normas para la Prevención, Control y Erradicación de la Enfermedad de Newcastle	Acuerdo Ministerial 625 - 2004	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Establecer los requisitos para el Registro, establecimiento y funcionamiento de Unidades de Producción Avícola	Acuerdo Ministerial 131 - 2005	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Regular en forma electrónica los Permisos Previos de Importación de Animales, sus productos y subproductos e insumos	Acuerdo Ministerial 108 - 2007	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Crea el Consejo de La Producción Animal - CONPRODAN	Acuerdo Ministerial 140 - 2007	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

Dentro de las reglas de comercio internacional, derivado de acuerdos específicos que afectan el mercado avícola en Guatemala, existen tres:

1. Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (AMSF) de la Organización Mundial del Comercio (OMC)

2. Reglamento Centroamericano sobre Medidas y Procedimientos Sanitarios y Fitosanitarios del Tratado General de Integración Económica Centroamericana
3. Capítulo Seis: Medidas Sanitarias y Fitosanitarias del DR-CAFTA

El reglamento de Descarga de Aguas Servidas vigente desde 1989 establece el control en base a tres parámetros que son: sólidos sedimentables, DQO y DBO₅

La Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR tiene dos normas para la descarga de aguas servidas, una mide la demanda química de Oxígeno y la otra la demanda bioquímica, pero institucionalmente no tiene fuerza para hacer cumplir las normas.

4 Marco Laboral: Se regirá por contratos de trabajo, como lo establece la legislación respectiva y en los que se definirán las obligaciones del patrono y las del trabajador; por el número de empleados menores a 6, no es necesaria la inscripción en el IGSS, pero se contará con un seguro médico anual en Banrural, que no excede Q 1200 por trabajador.

IX Estudio Financiero

1 Inversiones: Tal como se ha planificado, la inversión inicial cubre la compra del terreno, más las mejoras necesarias en las instalaciones, montaje de biodigestores y el desarrollo de una cisterna para agua. La estimación de las adecuaciones se presenta en el cuadro 25 pero el valor del terreno es de Q 200,000.00 que ya se tiene y no debe sumarse al total del cuadro 25, y que resulta finalmente en **Q 395,000.00**.

Cuadro 25

1	Obras de adecuación en los galpones	Q240,000.00
2	Montaje de biodigestores de polipropileno	Q50,000.00
3	Botas, uniformes, duchas, toallas	Q12,000.00
4	Motor de combustión interna	Q8,000.00
5	Malla perimetral y guardianía	Q65,000.00
6	Cisterna para 20 metros cúbicos	Q20,000.00
7	TOTAL	Q395,000.00

2 Costo de producción: Los respectivos costos para una producción de 10,000 pollos en un ciclo de 6 semanas con precios actualizados a enero del 2010, son mostrados en el cuadro 26, que sigue:

Cuadro 26

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Q	VALOR	OBSERVACIONES	%
Valor Pollito de un día	Pollo de 1 día	10,000.00	4.6	46,000.00		22.23
LABORES						
Preparación del Galpón	Jornal	5	100.00	500.00	15 Jornales para 10,000 aves	
Instalación Pollitos	Jornal	4	100.00	400.00	Recibo de pollitos, manejo de cortinas	
Suministro de alimentos	Jornal	18	100.00	1800.00	5 Horas / día para 10,000 aves	
Aplicación de vacunas	Jornal	6	100.00	600.00	1 Aplicación / 6 jornales	
Limpieza y Desinfección	Jornal	4	100.00	400.00	0.5 Horas / día	
Varios	Jornal	12	100.00	1200.00	Chequeos, pesajes, despacho	
Subtotal				4,900.00		2.37

Los insumos se presentan en el cuadro 27, pero los alimentos o concentrado representan el 65 % de los gastos operativos:

Cuadro 27

INSUMOS						
Concentrado Inicio	Kilogramo	16,000.00	3.7400	59,840.00	1.6 Kg. / Ave en 28 Días	
Concentrado Boiler	Kilogramo	20,000.00	3.7400	74,800.00	2.0 Kg. / Ave en 14 Días	
Cascarilla de arroz	Bulto	100	45.0000	4,500.00		
Vacuna New Castle * 2 Aplicaciones	Dosis	20,000.00	0.0330	660.00		
Vacuna Gumboro	Dosis	10,000.00	0.0770	770.00		
Vacuna Bronquitis	Dosis	10,000.00	0.0450	450.00		
Desinfectante Galpón	C.C.	15,000.00	0.1500	2,250.00	Formol	
Desinfectante Equipo	C.C.	4,000.00	0.2000	800.00	Yodado	
Energía eléctrica	Mes	1	6,000.00	6,720.00	El costo de energía / mes es de	
Subtotal				150,790.00		72.88

El valor de la depreciación se presenta en el cuadro 28:

Cuadro 28

Depreciación						
Instalaciones				2,000.00		
Equipos				2,000.00		
Subtotal				4,000.00		1.93

El cuadro 29 contiene otro tipo de costos y el costo total:

Cuadro 29

Otros Costos						
Mantenimiento Instalaciones				1,200.00		
Subtotal				1,200.00		0.58
Total Costos				206,890.00		100.00

3 Estimación de costos: El costo directo de producción resulta de sumar el costo por consumo de concentrado de inicio (Q 5.984), más el consumo de concentrado Broiler (Q 7.480), más el costo del pollo de un día (Q 4.60), más mano de obra (Q 0.50) y gastos varios (Q 1.60). Resulta un costo total de Q 20.15 por pollo engordado, que se traduce a Q 5.088/libra ó Q11.19/kg.

4 Estimación de los Ingresos: Se obtienen por la venta de los pollos que han alcanzado el peso adecuado en 6 semanas y deben dejar una renta esperada del 30% de los costos de producción, que como se indicó son de Q 5.088/libra. Con la renta esperada se debe vender a Q 7.00/libra y de este valor se estimará una reducción del 5 % por efecto de la mortalidad típica. Lo anterior se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Cuadro 30

Integración de costos e ingresos						
Costo kilogramo pollo producido	Kg	18,000.00		11.19	Q/kg	
Pollo vendido	Q/Kg	15.36		276,480.00	Q	
Diferencia de ingreso - egreso				69,590.00	Q	
Ingreso menos pérdidas de 5 % por mortalidad				66,110.50	Q	

5 Flujo de Caja: Se muestra el flujo de caja del proyecto, en el cual los ingresos se proyectan sobre 1 año y el período de evaluación sobre 10 años. Cada 6 semanas se puede obtener un ingreso de Q 66,110.50. Un año puede contener 8 ciclos de engorde, por lo que el ingreso anual es de Q 528,884.00, pero para el período de análisis se estimará una variación de los ingresos de acuerdo al IPC de los Estados Unidos, ya que lo que más pesa en la explotación, es el alimento y depende de importaciones de maíz de este país. El IPC se supondrá de 3 % y se usa para escalar los ingresos en los 10 años.

Los costos de operación se escalan 3 % anual, e incluyen la compra de pollos de 1 día por Q 46,000 x 8 = Q 368,000. La parte salarial se calcula en Q 9500 x 12 x 1.10 = Q 125,400, los insumos son Q 150,790 x 8 = Q 1,206,630.00. Otros costos se estiman en Q 1,200 x 8 = Q 9,600 y la depreciación calculada en Q 4,000 x 8 = Q 32,000.

Los costos de operación para el primer ciclo de engorde son presentados en el cuadro 31, pero hay que considerar que en un año se pueden dar 8 ciclos, con un aporte de Q 1,697,920.00 y los ingresos en 8 ciclos dan Q 2,211,840.00.

Cuadro 31

Temperatura de inflamación	Ciclos al año	Costo Ciclo	Total Q
Compra de Pollos	8	46,000	368,000
Salarios	12	9,500	114,000
Insumos	8	150,790	1,206,630
Otros Costos	8	1,200	9,600
Total			1,697,920

El flujo neto del proyecto es positivo desde el primer año de operación, tal y como se aprecia en el flujo de la siguiente página. El flujo resulta de la diferencia entre la utilidad bruta menos los impuestos, al deducir las amortizaciones al capital.

Los impuestos sobre utilidades se estiman dentro del flujo de caja como la aportación del 31 % de las utilidades, al pago del Impuesto Sobre la Renta.

Las fuentes de financiamiento son 40 % de capital propio y 60 % de financiamiento bancario. El capital propio a un interés del 12.5 % y el préstamo bancario a 14.0 %.

El período de recuperación de la inversión se define como el número de años antes de la recuperación completa mas el cociente de la inversión inicial no recuperada al año inicial dividida entre el flujo de efectivo descontado durante el año.

Que en este caso asciende a Q 395,000 que van directamente al año cero y presenta una recuperación de la inversión es de dos años cinco meses.

6 Costo del Biodigestor: para conocer el costo de un biodigestor más económico se supone la instalación de éste en una zanja de tierra de 20 metros de largo y un área de 1 m² para poder captar los 53 m³ de biogás, el material a usar es PVC transparente calibre 6. El cuadro 32 muestra una lista de los materiales.

Cuadro 32

Materiales básicos para biodigestor económico		
Descripción	Q/m	Total
Polietileno transparente calibre 6 (20 m)	7.25	145.00
Excavación zanja 1x1x18 m	50	900.00
10 metros de PVC negro de 1.5 pulgadas, 6 adaptadores de PVC, 1 rollo de teflón, 5 metros de manguera plástica flexible de 1 pulgada, 5reductores, 2codos a 90 grados, 1 bote pegamento PVC, 6 abrazaderas metálicas de cremallera, 6 tornillos de 3/8 de pulgada con tuerca, contratuerca y 12 arandelas		230.00
T O T A L		1275.00

Suponiendo un ahorro de Q 110 al mes en consumo de gas propano, un período de estudio de 5 años, una inversión inicial de Q 1275.00, una tasa de inflación del 3% anual, resulta un VAN de Q 3,396.00 y una TIR del 77%, y la recuperación del capital invertido se hace en un año.

Flujo de Caja (kQ)

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		2,211.8	2,278.2	2,346.5	2,416.9	2,489.4	2,564.1	2,641.0	2,720.2	2,801.8	2,885.9
Egresos		-1,730.2	-1,781.2	-1,833.6	-1,887.7	-1,943.3	-2,007.1	-2,059.7	-2,120.6	-2,183.2	-2,247.8
Compra pollo 1 día		-368.0	-379.0	-390.4	-402.1	-414.2	-426.6	-439.4	-452.6	-466.2	-480.2
Salarios		-114.0	-117.4	-120.9	-124.5	-128.3	-132.1	-136.1	-140.2	-144.4	-148.7
Insumos		-1,206.6	-1,242.8	-1,280.1	-1,318.5	-1,358.1	-1,398.8	-1,440.7	-1,484.0	-1,528.5	-1,574.4
Otros costos		-9,600	-9,888	-10,185	-10,490	-10,805	-11,129	-11,463	-11,807	-12,161	-12,526
Depreciación		-32,000	-32,000	-32,000	-32,000	-32,000	-32,000	-32,000	-32,000	-32,000	-32,000
Utilidad bruta		481.6	497.0	512.9	529.2	546.1	563.4	581.3	599.7	618.6	638.1
Impuestos (ISR)		-149.3	-154.1	-158.9	-164.1	-169.3	-174.6	-180.2	-185.9	-191.8	-197.8
Utilidad neta		332.3	342.9	353.8	365.2	376.8	388.7	401.1	413.8	426.8	440.3
Amortización de capital		-73.9	-73.9	-73.9	-73.9	-73.9	-73.9	-73.9	-73.9	-73.9	-73.9
Depreciación		32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
Flujo neto del proyecto		290.3	300.9	311.9	323.2	334.8	346.7	359.1	371.8	384.8	398.3
VPN	-395.0	256.1	234.0	213.9	195.4	178.5	163.1	148.9	135.9	124.1	113.3

X Evaluación Ambiental

Las actividades avícolas requieren recursos para su producción y generan desechos, residuos y emisiones, por lo que su uso eficiente y apegado a las normas permite un tratamiento controlado que mejora la gestión ambiental de esta actividad, ya que disminuye los efectos negativos.

Las diferentes componentes del ambiente son susceptibles de ser afectados por esta actividad productiva, los diferentes componentes ambientales incluidos en cada proceso pueden resultar con impactos positivos o negativos que resulten de una alteración del medio ambiente.

El cuadro 33 muestra las actividades del proceso de engorde y los componentes ambientales que resultan ser afectados.

Cuadro 33

	Recursos Naturales			Residuos, desechos y/o emisiones						
	Consumo de agua	Consumo de energía eléctrica	Consumo de energía térmica	Aguas Residuales	Residuos Sólidos domésticos	Residuos Orgánicos	Residuos Hospitalarios	Ruido	Olores	Emisiones Atmosféricas
PROCESO DE ENGORDE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

En el cuadro anterior hay una identificación de aquellas actividades relacionadas con recursos, cuyos efectos impactan el ambiente y que deben ser administrados con una tendencia preventiva, dado que una reducción en el efecto residual tiene claros beneficios en el ambiente.

Los aspectos más relevantes son:

- Manejo de residuos orgánicos, tales como la gallinaza y mortalidad, que son los que representan el mayor reto, y son resultado del ciclo biológico del pollo
- Si se procesa el pollo para venta en canal, se debe tener en cuenta que por cada 100,000 pollos se producen 10 toneladas métricas de plumas
- La utilización de aguas residuales es común en todas las actividades productivas del sector, dichas aguas se caracterizan por tener un alto contenido de materia orgánica
- Los olores provienen de la degradación de la materia orgánica sólida y de los efluentes

Los impactos ambientales negativos dependen de varios factores, pero principalmente del nivel de tecnificación, tipo de actividad, tamaño de las operaciones y capacitación del personal.

1 Consumo de agua: Debe derivarse la instalación de medidores de agua, ya que es esencial medir y controlar el agua que se utiliza en cada proceso. Con los datos recolectados del proceso continuo determinar la cantidad de aguas residuales que se generan y tomar las medidas adecuadas para dimensionar tanques de captación para su tratamiento.

2 Reciclaje del agua: Debe evaluarse la posibilidad de reutilizar o reciclar el agua, especialmente aquella que no entró en contacto directo con un producto contaminante, por lo que es necesario verificar la calidad de la fuente de agua, la cantidad de que se dispone y asegurarse que el reciclamiento no altera el resultado.

4 Aguas Residuales: Son las principales fuentes de los desechos líquidos resultado del lavado, limpieza y transporte de sólidos. Las aguas provenientes de las actividades avícolas se caracterizan por el alto contenido de materia orgánica, que en los casos de no existir un sistema de tratamiento de sólidos suspendidos y grasas, las aguas serán fuente de contaminación.

5 Residuos sólidos: Son principalmente orgánicos, entre los que podemos citar el estiércol, las plumas, la mortalidad, el material de empaque, los desechos de vacunación, el aserrín, la cascarilla de arroz. Al igual que el caso anterior, la cantidad y clasificación de los residuos y desechos generados depende del grado de tecnificación, tamaño de la empresa, prácticas operativas y la capacitación de recurso humano.

6 Emisiones atmosféricas: Proviene básicamente de la degradación de diferentes tipos de materia orgánica, así como la utilización de la energía térmica o eléctrica, que dependerá de la composición de la matriz energética de cada país. También se incluye el polvo que resulta del alimento para las aves, los olores que emanan de los residuos orgánicos, tales como el amoníaco que sale en la excreta y las dioxinas y furanos que resultan de la incineración de desechos sólidos.

7 Olores: Proviene de la descomposición de la materia orgánica que se genera durante las diferentes etapas productivas, por lo que se debe evaluar lo siguiente:

1. Remoción frecuente y en seco del material generador de malos olores, tales como las gallinaza, vísceras y mortalidad.
2. Evitar la acumulación de residuos y desechos en fosas, trampas o lugares inadecuados.
3. Mantener la gallinaza lo más seca posible, mediante ventilación permanente
4. centralizar el área donde se manejan los residuos y desechos
5. secado rápido a través de la dispersión de la gallinaza para reducir la emisión de amoníaco.
6. Proveer condiciones adecuadas de acuerdo a la edad y peso de las aves, de forma que circule aire fresco en el recinto o galpón.
7. Crear cortinas vegetales con árboles o arbustos aromáticos para reducir la emisión de olores que viajan por el aire a las vecindades.

8 Bioseguridad: Es la serie de medidas de seguridad para controlar el ingreso y propagación de patógenos productores de enfermedades de las aves, así como la prevención de riesgos con aves migratorias, aves silvestres, proliferación de plagas y malos olores.

Las medidas de bioseguridad están relacionadas con:

- 8.1 Localización geográfica de la granja.
- 8.2 Características de la infraestructura.
- 8.3 Control de visitas.
- 8.4 Almacenamiento de alimento.
- 8.5 Programas de vacunación.
- 8.6 Disposición de los desechos.
- 8.7 Considerar horarios adecuados con base en la dirección del viento para limpieza.
- 8.8 Transporte del producto, materias primas y alimentos.

9 Control de plagas: en este negocio, el control de las plagas se hace con el fin de preservar la salud pública, el bienestar de la población, así como disminuir las pérdidas de los productos y materias primas que finalmente afectan el rendimiento económico de una granja.

El control integrado de plagas, combina tratamientos químicos con los sistemas físicos, métodos ecológicos y técnicas de control biológico con medidas de saneamiento preventivas, para lo cual se debe tomar en cuenta:

El tipo de actividad dentro del negocio.

Área donde se encuentran las plagas.

Restricciones de manejo del área.

Clima

Ambiente

10 Energía eléctrica y térmica: La utilización de energía eléctrica contribuye a la generación de gases de efecto invernadero y en algunos casos a la emisión de partículas. Por otro lado, el uso ineficiente de la energía conlleva a pérdidas económicas que impactan en los costos producción, por lo que se debe:

- 10.1 Aumentar la iluminación natural.
- 10.2 Utilizar lámparas ahorradoras y sistemas de detección de movimiento.
- 10.3 Control de temperatura y humedad de los galpones.
- 10.4 Evitar el ingreso de aire caliente a los pollos que no les corresponde.
- 10.5 Tener un programa de encendido de equipo eléctrico.
- 10.6 Evitar fugas de calor.
- 10.7 Mantenimiento adecuado a calderas.
- 10.8 Motores eficientes.

11 Capacitación: Los trabajadores deben recibir entrenamiento básico sobre la prevención, reducción y control de la contaminación, así como prácticas ambientales aplicables en esta industria. La capacitación debe ir dirigida al uso, ahorro y manejo de los recursos que están involucrados en los aspectos de impacto ambiental.

Estos temas deben tratarse de manera periódica y continua con el fin de obtener un conocimiento mejorado que estimule a los trabajadores.

XI Evaluación Financiera

En la evaluación financiera se estimó el VAN y la TIR del proyecto, así como el Tiempo de Recuperación del Capital.

Los valores son mostrados en el cuadro 34 que sigue a continuación: VAN es positivo, la TIR es positiva y la recuperación del capital menor a dos años.

Cuadro 34

	10 años
Valor presente neto VAN =	1,368,277
TIR	56%

Capital (para sensibilidad)	390000
-----------------------------	--------

Financiamiento			Interés (%)
Capital propio (A)	40%	158	12.50%
Banco (B)	60%	237	14.00%

WACC 13.40%

	Total 10 años	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Intereses A	-127.4	-19.75	-18.65	-17.42	-16.02	-14.46	-12.70	-10.72	-8.49	-5.99	-3.17
Capital A	-158.0	-8.78	-9.89	-11.12	-12.51	-14.08	-15.84	-17.82	-20.04	-22.55	-25.37
Intereses B	-217.4	-33.18	-31.46	-29.51	-27.28	-24.74	-21.84	-18.53	-14.77	-10.47	-5.58
Capital B	-237.0	-12.26	-13.97	-15.93	-18.16	-20.70	-23.60	-26.90	-30.67	-34.96	-39.85
Intereses Total	-344.8	-52.93	-50.11	-46.92	-43.30	-39.20	-34.54	-29.26	-23.26	-16.46	-8.75
Capital Total	-395.0	-21.04	-23.86	-27.05	-30.67	-34.78	-39.43	-44.72	-50.71	-57.51	-65.22
Total Unificado	-739.8	-73.97	-73.97	-73.97	-73.97	-73.97	-73.97	-73.97	-73.97	-73.97	-73.97

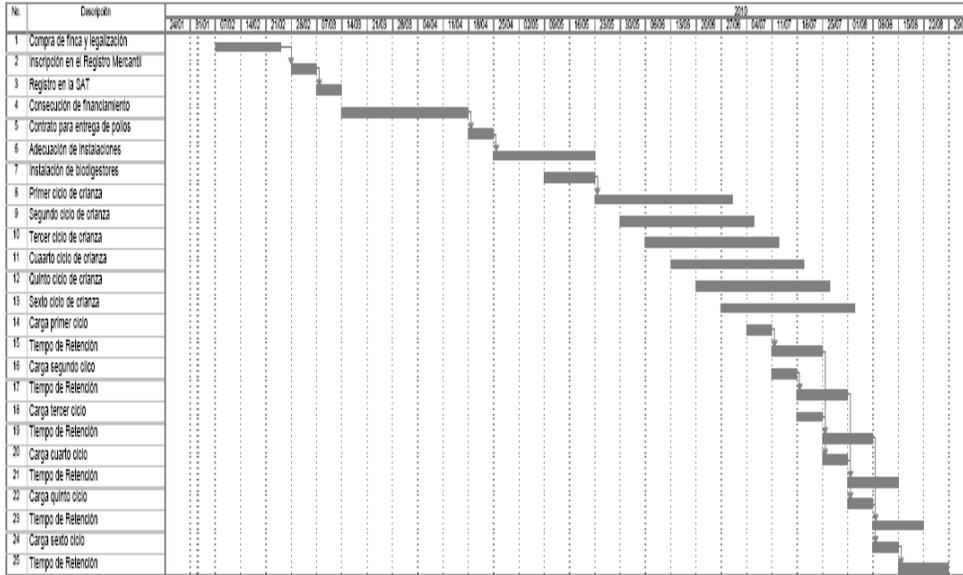
El financiamiento tiene un apalancamiento de 60 % y un aporte de capital propio de 40 %, la tasa de interés para el préstamo se supone de 14.0 % y la del equity de 12.5%, el WACC estimado es de 13.40 % y se tiene la composición del capital y los intereses, en el caso de las dos fuentes de financiamiento. VAN positivo y TIR de 56 %.

Financieramente, el proyecto es atractivo con los indicadores mostrados.

XII Cronograma de Ejecución y Operación

La ejecución se muestra en el diagrama de Gantt, que fue dividido en períodos trimestrales; dada la simpleza del desarrollo, lo crítico del proceso es el contrato de suministro, ya que tiene implicación en la consecución del financiamiento y paralizar el proyecto.

PROYECTO DE CRIANZA DE POLLOS



XIII Conclusiones y Recomendaciones

1 Conclusiones: Como se ha visto, el mercado para consumo de carne de pollo es creciente, el consumo per cápita es el más alto de Centroamérica y puede decirse que es resultado de La Ley de Fomento Avícola promulgada en 1959.

La biodigestión anaeróbica es una alternativa adecuada, relativamente de bajo costo y fácil aplicación que resulta con efectos positivos al medio ambiente. Tal como se estimó, reduce la emisión de gases de efecto invernadero y es una fuente generadora de abono natural.

Genera trabajo continuo, representa una fuente de ingresos al fisco, es una actividad tecnificada y en constante competencia que puede mejorarse con el uso de los biodigestores.

La combinación de sustratos de origen animal y vegetal incrementa la producción de biogás, ahorra la emisión de hasta 300 toneladas anuales de CO₂ como se mostró en el caso de análisis y puede producir potencia eléctrica que puede reducir los costos de operación hasta en 1.5 %, así como dar independencia energética de las redes interconectadas.

2 Recomendaciones: Evaluar la crianza de pollos de 1 día de nacidos para mejorar el flujo de caja en este negocio y aprovechar el biogás para la producción de calor como fuente energética en el período de incubación.

Antes de iniciar formalmente la explotación avícola, hacer un ensayo con menor cantidad de pollos y hacer el análisis físico - químico de la materia orgánica, para determinar el contenido de materia seca y materia volátil, y qué influencia tiene el alimento de aves en su composición.

Analizar el compostaje resultante y después del análisis físico – químico, determinar la factibilidad para desarrollar lombrices rojas que son el mejor abono, y abrir otra oportunidad de negocio.

Dada la relación nitrógeno – carbono de las materias orgánicas de origen animal, debe combinarse alguna materia de origen vegetal que mejore la relación y con este aumentar la producción de biogás.

Conceptualizar los biodigestores como una medida sanitaria que mitigue efectos negativos en el ambiente.

Bibliografía

Botero Rand Preston T R, 1987 Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante de excretas.

<http://www.utaoundation.org/publications/botero&preston.pdf>

Bui Xuan An, Preston T R ando Dolberg F, 1997 Biodigester installation manual, University of Tropical Agriculture Foundation, Vietnam

<http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/aga/agap/frg/recycle/biodig/manual/htm>

Francisco Aguilar, 2001 Hybrid Technology Biodigester with Automatic Scum Control

<http://www.agnet.org/library/pt/20044017/>

Marti Herrero J, 2007: Experiencia de Transferencia tecnológica de biodigestores familiares en Bolivia,

<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd19/12mar/19192.htm>

Instituto de Investigaciones Eléctricas de México, 1980. Digestores de desechos orgánicos, Boletín Energético No. 14 OLADE

FAO 1995. Biodigestor de plástico de flujo continuo, generador de gas y bioabono a partir de aguas servidas. Fundación Centro de Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Guatemala.

Varestegui L. J. 1980. El Biogás como alternativa energética para zonas rurales, OLADE, Boletín Energético del Ecuador 14

Banco de Guatemala, Departamento de Estadísticas Económicas Sección de Cuentas Nacionales, Estadísticas de Producción, Consumo interno, exportación, importación y precios de los principales productos pecuarios.