

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Aprovechamiento de gandul seco en una formulación base de balanceado
destinado a cerdos y pollos de engorde

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentado por:

Andrea Gianella Alcívar Chiquito

Denisse Yuliana Yagual Ormaza

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

A mi abuelita, por ser ejemplo de humildad, coraje y esfuerzo.

A mis hermanos, quienes han dedicado su vida a que no me faltara nada, apoyándome y reconfortándome en todo momento.

A mi mejor amiga, por convertirse en la hermana que nunca tuve, compartiendo risas y aventuras.

A mi novio, por escucharme y alentarme a ser mejor cada día, demostrando su cariño y confianza absoluta en todo momento, y ser mi soporte incondicional durante toda la carrera.

Y especialmente, a mi mami, por ser ejemplo de fortaleza y superación, enseñándome a no dejarme derrotar y siempre luchar por mis sueños, pero principalmente, por ser la mejor mamá del mundo e inspirarme a ser la mejor para ti.

Andrea Gianella Alcívar Chiquito

A mis padres, por apoyarme siempre y enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mis amigos, con quienes tengo las mejores experiencias y me han dado ese aliento que algunas veces sentí que me faltaba.

A mi enamorado, por la paciencia y cariño infinito, por ayudarme a crecer como persona y por hacer que esta etapa esté llena de emociones y aventuras.

A mi hermana, en quien confío plenamente, mi ejemplo de lucha y perseverancia.

A mi abuelita, mi ángel en el cielo, la que me dio todo su amor incondicional, mi segunda mamá.

Pero especialmente a ti mami, mi motor de vida, mi mayor ejemplo y a quien dedico todos mis logros, porque te mereces el mundo entero.

Denisse Yuliana Yagual Ormaza

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradecemos a Dios por darnos fortaleza y sabiduría para llegar hasta esta instancia.

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestro tutor, el M.Sc. Galo Chuchuca, por su paciencia durante todo este trayecto y por confiar en nosotras.

A la M.Sc. Juleen Hidalgo, por ayudarnos sin ningún compromiso y alentarnos hasta el final.

Al PhD. Sócrates Palacios por brindarnos su tiempo y compartir sus conocimientos con amabilidad, cada vez que teníamos dudas durante la carrera.

A la PhD. Sandra Acosta y la Ing. Carol Hernández, por brindarnos su ayuda para desarrollar este proyecto.

Al M.Sc. Danny Tagle, Ing. Luis Plaza y M.Sc. Natasha Coello, por ser los mejores jefes de ayudantías y excelentes maestros.

A la M.Sc. Haydeé Torres, por ser parte de este proyecto y preocuparse de que todo nos vaya bien.

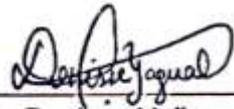
Y finalmente, a todos los profesores, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Andrea Gianella Alcívar Chiquito* y *Denisse Yuliana Yagual Ormaza* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Andrea Gianella
Alcívar Chiquito



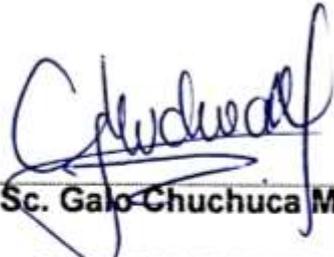
Denisse Yuliana
Yagual Ormaza

EVALUADORES



M.Sc. Haydee Torres Camba

PROFESOR DE LA MATERIA



M.Sc. Galo Chuchuca Morán

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El gandul es una leguminosa cosechada mayormente en Los Ríos, Ecuador y comercializada internacionalmente, pero en la actualidad presenta un exceso de producción que no es procesado ni expendido en el mercado nacional. Su alto contenido proteico lo convierte en una alternativa potencial para alimento animal. Este proyecto por lo tanto tuvo como objetivo utilizar gandul en el diseño de dos formulaciones base de balanceado para cerdos y pollos de engorde, cumpliendo con sus requisitos nutricionales y las normas vigentes. Una revisión literaria determinó los rangos de participación de los ingredientes en las formulaciones. Luego, mediante programación lineal se obtuvo las fórmulas más idóneas considerando los requerimientos nutricionales y costos de las materias primas. Posteriormente, el alimento balanceado se caracterizó por sus parámetros de humedad, grasas, proteínas y cenizas. Además, un diagrama de proceso y diseño de planta fue elaborado considerando el espacio disponible del cliente y los equipos necesarios para elaborar los productos. Por último, se determinó la factibilidad del proyecto en el mercado. La formulación obtenida para balanceado de cerdos incluyó 64.39% maíz, 9.60% soya y 21.01% gandul, mientras que para pollos se utilizó 61.54%, 23.46% y 10.00%, respectivamente. La formulación base obtenida para pollos cumplió con los requerimientos nutricionales; sin embargo, el aporte proteico en la formulación para cerdos fue menor al límite permitido. Finalmente, se proyectó el flujo de efectivo neto a 5 años plazo, obteniendo un VAN positivo y un TIR mayor a la tasa de oportunidad dispuesta por lo cual el proyecto es rentable.

Palabras Clave: gandul, alimento balanceado, cerdos, pollos.

ABSTRACT

The pigeon pea is a legume that is mostly harvested in Los Ríos, Ecuador and is marketed worldwide, but there is currently an overproduction that is not processed or sold in the local market. Due to its high protein content, pigeon pea is a potential alternative for animal feed. This project thus aimed to use pigeon pea for the design of two animal feed-base formulations, i.e., for pigs and broilers in their fattening phase, complying with the animal nutritional requirements and standards for their production. There was a literature review to determine each ingredient ranges in the product formula. Then, a linear programming method was used to obtain the most suitable solutions according to the animal nutritional requirements and raw materials costs. The designed animal feed was then analyzed to validate its moisture, fat, protein and ash parameters. In addition, the diagram process and processing layout were proposed according to the client restrictions and the needed equipment for product production. Lastly, the product feasibility in the market were also determined. The formula for pigs feed included 64.39% corn, 9.60% soy and 21.01% pigeon pea, while the formula for broilers included 61.54%, 23.46% and 10.00%, respectively. The project found that only the broilers feed formula meets the nutritional requirements; for the pig feed formula, the protein content was less than the standard limit. A cash flow projection for 5-year found a positive NPV and an IRR greater than the opportunity rate set thus the project is profitable.

Keywords: *pigeon pea, animal feed, broilers, pigs.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Justificación del problema	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Marco Teórico	2
1.4.1. Generalidades del Gandul	2
1.4.2. Contenido nutricional del gandul.....	3
1.4.3. Usos de gandul.....	5
1.4.4. Alimentos balanceados.....	6
1.4.5. Ingredientes principales en alimentos balanceados	7
1.4.6. Requerimientos nutricionales de animales de engorde	12
CAPÍTULO 2.....	15
2. METODOLOGÍA.....	15
2.1. Determinación de formulación inicial	15
2.2. Método de Programación Lineal.....	16
2.3. Elaboración de las fórmulas de balanceado	17

2.4.	Caracterización de balanceado	18
2.4.1.	Determinación de Porcentaje de Humedad.....	19
2.4.2.	Determinación de Porcentaje de Grasa	19
2.4.3.	Determinación de Porcentaje de Proteína.....	19
2.4.4.	Determinación de Porcentaje de Cenizas	19
2.5.	Diagrama de flujo	19
2.6.	Propuesta de distribución de la planta.....	20
2.7.	Estimación de costos	21
CAPÍTULO 3.....		22
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	22
3.1.	Formulación inicial.....	22
3.2.	Método de Programación Lineal.....	24
3.3.	Elaboración de balanceado	25
3.4.	Caracterización de balanceado	27
3.5.	Diagrama de Flujo.....	29
3.6.	Propuesta de diseño de planta	32
3.7.	Estimación de costos	36
CAPÍTULO 4.....		38
4.	Conclusiones y recomendaciones	38
4.1.	Conclusiones.....	38
4.2.	Recomendaciones.....	39
BIBLIOGRAFÍA		40
APÉNDICES.....		44

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
AFABA	Alimentos Balanceados para Animales
APROBAL	Asociación de Productores de Alimentos Balanceados
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
SINAGAP	Sistema de Información del Agro
MAGAP	Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
USDA	The United States Department of Agriculture
NRC	National Research Council
NTE	Normas Técnicas Ecuatorianas
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
PVP	Precio de Venta al Público

SIMBOLOGÍA

g	Gramo
kg	Kilogramo
ton	Tonelada
ha	Hectárea
kcal	Kilocaloría
%	Porcentaje
ctvs	Centavos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Obtención de harina de gandul.....	26
Figura 3.2 Peletizado de alimento balanceado para cerdos y pollos de engorde	27
Figura 3.3 Diagrama de flujo para elaboración de alimento balanceado.	32
Figura 3.4 Tabla de Relación de Actividades para elaboración de balanceado.	34
Figura 3.5 “Layout” adecuado propuesto por CORELAP.....	34
Figura 3.6 Diagrama de recorrido del producto.	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición nutricional promedio del gandul en 100 gramos de producto.	4
Tabla 1.2 Perfil de aminoácidos del gandul sobre gramos de proteína.....	5
Tabla 1.3 Composición nutricional promedio del maíz en 100 gramos de producto. ..	9
Tabla 1.4 Perfil de aminoácidos del maíz amarillo sobre gramos de proteína.	9
Tabla 1.5 Composición nutricional promedio de la torta de soya en 100 gramos de producto.	11
Tabla 1.6 Perfil de aminoácidos de la torta de soya sobre gramos de proteína.	11
Tabla 2.1 Definición de variables para formulación.	16
Tabla 2.2 Requerimientos nutricionales sobre gramo de producto.	17
Tabla 2.3 Límites de participación de las materias primas.	17
Tabla 2.4 Escala de valoración de la tabla de relación de actividades.	20
Tabla 2.5 Criterios para la valoración.	21
Tabla 3.1 Fórmulas de balanceado para cerdos y pollos propuestas por Solver	24
Tabla 3.2 Composición nutricional teórica de pellets en 100 gramos de producto....	25
Tabla 3.3 Formulación ajustada.	26
Tabla 3.4 Composición nutricional de los pellets obtenidos.	27
Tabla 3.5 Comparación de resultados a 90% materia seca para cada formulación..	28
Tabla 3.6 Capacidad necesaria para bodega de materia prima.....	33
Tabla 3.7 Numeración dispuesta en el layout.	35
Tabla 3.8 Punto de equilibrio de alimento balanceado de cerdos de engorde	36
Tabla 3.9. Punto de equilibrio de alimento balanceado de pollos de engorde	37

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con una importante actividad agrícola, presentando una gran variedad de cultivos de frutas y vegetales para consumo local e internacional, como es el caso de la producción de fréjol de palo o también llamado gandul (*Cajanus cajan* – L Millsp). Gracias a su calidad proteica, esta leguminosa puede ser utilizada tanto para la alimentación humana como para el consumo animal (Velásquez, 2007). De acuerdo con el III Censo Agropecuario realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010), en el país existen 19,438 hectáreas de gandul sembradas en la región Costa, concentradas en las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos. Sin embargo, el 25% de la producción nacional es procesada por las empresas agroindustriales encargadas de su comercialización, existiendo actualmente un excedente de este cultivo (García & Rodríguez, 2005).

Por su composición química, el gandul podría ser considerado como materia prima en la elaboración de alimentos balanceados destinados a especies monogástricas más comunes en la región, como los cerdos y pollos, además del follaje en ganado vacuno (García & Rodríguez, 2005).

1.1. Descripción del problema

Una corporación de acopio y comercialización de cereales y leguminosas localizada en el cantón Ventanas, provincia de Los Ríos, presenta un excedente de gandul verde o fréjol de palo, debido a las restricciones de recepción por parte de las empresas exportadoras de este grano. Por esta razón, los agricultores de la corporación optan por dejar parte de sus cultivos de gandul en los sembríos hasta secarse y, al no encontrar una aplicación tecnológica o valor comercial, la mayoría son quemados sin representar ganancia alguna.

1.2. Justificación del problema

El presente proyecto propone el desarrollo de alimentos balanceados para cerdos y pollos de engorde con el fin de otorgarle valor agregado a los granos secos de gandul que se generan como excedente de la producción de gandul verde y, a su

vez, fortalecer la actividad económica de los agricultores mediante la explotación de sus propios recursos para la alimentación de sus animales de crianza.

Además, para la corporación esta solución puede convertirse en una nueva oportunidad de mercado y expansión de sus líneas de producción, posicionándose en el mercado de productos balanceados utilizando materias primas no convencionales e incrementando sus ingresos económicos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar una formulación base de alimento balanceado destinada a cerdos y pollos de engorde, respectivamente, utilizando gandul seco para el aprovechamiento del excedente generado en una corporación de la provincia de Los Ríos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Definir una fórmula base de alimento balanceado peletizado para cerdos de engorde considerando los requerimientos nutricionales del animal y los aspectos técnicos y legales pertinentes.
- Definir una fórmula base de alimento balanceado peletizado para pollos de engorde considerando los requerimientos nutricionales del animal y los aspectos técnicos y legales pertinentes.
- Proponer el diagrama de proceso y diseño de la línea de producción de los alimentos balanceados definidos, considerando la tecnología necesaria y el espacio físico disponible en la corporación.
- Calcular los costos estimados para la producción de los alimentos balanceados definidos, de acuerdo con los equipos y las principales materias primas requeridas por parte de la corporación.

1.4. Marco Teórico

1.4.1. Generalidades del Gandul

El gandul (*Cajanus cajan*) o fréjol de palo es una leguminosa originaria de India que presenta facilidad de adaptación a las variaciones de clima, y por lo tanto de gran resistencia a la sequía y lluvias frecuentes (Campoverde & Salazar, 2018).

Las plantaciones de gandul son perennes y logran alcanzar hasta 5m de altura, presentando tallos resistentes de coloración verde y hojas trifoliadas de hasta 9cm de longitud (Castillo, Narváez, & Hahn, 2016). La variedad *flavus* presenta flores amarillas sin manchas y es de maduración temprana (ciclo de 90 a 150 días), mientras que la variedad *bicolor* presenta flores amarillas con rojo o púrpura y es de maduración tardía (ciclo mayor a 220 días); además de su ciclo de cultivo, estas variedades difieren entre sí por su resistencia a plagas, enfermedades y sequías (Velásquez, 2007).

Los tallos de gandul desarrollan vainas que generalmente contienen entre 2 y 9 semillas de 7mm de longitud y 6mm de ancho. Durante el llenado de las vainas, las semillas presentan una tonalidad verde oscura, mientras que, durante la maduración empiezan a tornarse de color crema. El grano tierno o verde se cosecha después de 3 o 4 meses de siembra, una vez que las vainas hayan perdido el brillo de la cáscara; debido a que su madurez no es uniforme se realizan de 2 a 3 cosechas por ciclo de cultivo (Cedano, 2006). Para recolectar los granos secos, se debe esperar a que las vainas se tornen de un color café oscuro y pierdan humedad, dando una apariencia seca similar a la soya madura (Núñez, 2009).

En el país, la producción promedio de gandul varía entre 2.5 a 3 toneladas por hectáreas, abarcando grandes áreas de cultivo en el país (Velásquez, 2007). De acuerdo con datos proporcionados por el INEC, en el año 2010 se registró 19,438 hectáreas de cultivo en la región Costa, entre las cuales destacan por su producción las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos (Campoverde & Salazar, 2018).

1.4.2. Contenido nutricional del gandul

Las semillas de gandul presentan un alto contenido de carbohidratos, alrededor del 51.4 al 58.8%, donde la mayor parte corresponde a almidones, (Talari & Shak, 2018). También representan una fuente rica en proteínas y aporte energético, como se muestra en la Tabla 1.1, donde se presentan los valores promedio en base húmeda de diversas fuentes consultadas sobre la composición química del gandul.

Tabla 1.1 Composición nutricional promedio del gandul en 100 gramos de producto [Elaboración propia]

Componente	Unidad	Contenido	Referencias
Energía	kcal	396.8 ± 31.1	(USDA, 2019) (Cedano, 2006) (Feedispedia, 2012)
E.M.* para cerdo	kcal	289.9	
E.M.* para pollo	kcal	300.6	
Proteína	g	20.4 ± 1.2	
Grasa	g	1.6 ± 0.3	
Carbohidratos	g	57.0 ± 12.4	
Fibra	g	8.0 ± 6.9	
Cenizas	g	3.8 ± 0.3	

*E.M.: Energía metabolizable.

Generalmente, las leguminosas contienen cantidades limitadas de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína), siendo el gandul quien presenta mayor deficiencia (Singh & Eggum, 1984); sin embargo, esta leguminosa presenta valores altos de lisina, leucina, arginina, ácido aspártico y glutámico (Talari & Shak, 2018), como se muestra en la Tabla 1.2.

A pesar de su calidad nutricional, el gandul tiene ciertas limitantes para su uso debido a la presencia de compuestos antinutricionales, principalmente de inhibidores de tripsina y lectina, los cuales interfieren en la digestión de las proteínas en el intestino delgado (Magboul, 1998). Sin embargo, estos compuestos pueden ser removidos mediante la aplicación de los tratamientos tecnológicos adecuados, tales como el descascarado, lavado, cocción, fermentación y germinación (Bonilla, 2018); puesto que, la cocción por sí sola no logra eliminar por completo los antinutrientes.

En un estudio realizado por Onwuka (2006) sobre los métodos de reducción de los antinutrientes presentes en el fréjol de palo y garbanzos, se demostró que el método de remojo redujo significativamente a los inhibidores de tripsina hasta un 28 a 30%, mientras que, utilizando únicamente cocción se consiguió una reducción entre 58 a 70%. Sin embargo, cuando se combinaron el remojo con la cocción, los inhibidores se redujeron entre 95 a 98%, siendo este el método más efectivo.

Tabla 1.2 Perfil de aminoácidos del gandul sobre gramos de proteína [Elaboración propia]

Aminoácido	Unidad	Contenido	Referencias
Aminoácidos esenciales			
Metionina	g	1.040 ± 0.069	(USDA, 2019) (Mekbungwan, 2007) (Feedispedia, 2012)
Lisina	g	6.770 ± 0.256	
Treonina	g	3.378 ± 0.168	
Triptófano	g	0.792 ± 0.189	
Isoleucina	g	3.706 ± 0.091	
Leucina	g	7.113 ± 0.102	
Valina	g	4.373 ± 0.111	
Histidina	g	3.522 ± 0.302	
Fenilalanina	g	7.287 ± 2.506	
Aminoácidos no esenciales			
Arginina	g	5.862 ± 0.147	(USDA, 2019) (Feedispedia, 2012)
Tirosina	g	2.440 ± 0.056	
Cisteína	g	1.326 ± 0.246	
Glicina	g	3.798 ± 0.144	
Serina	g	4.619 ± 0.168	
Prolina	g	24.205 ± 2.008	
Alanina	g	4.840 ± 0.510	
Ácido Aspártico	g	9.802 ± 0.144	
Ácido Glutámico	g	21.142 ± 2.888	

1.4.3. Usos de gandul

Las semillas de gandul verde son usadas tanto para consumo fresco, congelados o inclusive como enlatados (Bushan, Vijaya, & Sultana, 2010), por lo que en Ecuador, se destina la mayor parte de las cosechas para exportaciones (García & Rodríguez, 2005). Sin embargo, en países orientales como la India, predomina el consumo en forma de *dhal*, donde las semillas son remojas, cocidas y peladas para su consumo directo, ya sea en sopas, ensaladas, papillas, harinas, etc. (Saxena & Kumar, 2002)

Los granos verdes de gandul se utilizan tanto para alimentación humana como animal gracias a su calidad proteica (Velásquez, 2007); mientras que, los granos secos se los destina junto con la harina de las hojas verdes al consumo de aves y ganado, debido a su alto contenido proteico (Bonilla, 2018).

Asimismo, gracias a su calidad nutricional, se ha estudiado exitosamente la posibilidad de sustituir parcialmente ingredientes como la soya en la elaboración de pienso animal para aves y cerdos con el fin de reducir gastos económicos sin causar efectos negativos en los factores productivos (Arias, Barrera, & Rodríguez, 2010).

1.4.4. Alimentos balanceados

La industria de alimentos balanceados es el eslabón productivo que transforma productos agrícolas y residuos de la molinería en alimento para el sector primario porcino, avícola, acuícola y ganadero, con el fin de producir proteína animal que llegará hasta el consumidor mediante productos como embutidos, carnes, derivados lácteos y huevos que contribuyen en la dieta diaria del ser humano (Díaz, 2019).

Los balanceados para animales están constituidos por una mezcla de alimentos que contiene proteínas, lípidos, minerales y vitaminas, satisfaciendo los requerimientos nutricionales para cada especie, estado evolutivo, edad y destino del animal (Maya, 2016). De acuerdo con Chachapoya (2014), los balanceados se clasifican según el tipo de mezcla, de la siguiente manera:

- Polvos: Se refiere a una mezcla de harinas sin interacción química, considerada heterogénea, debido a que las materias primas molidas no se encuentran compactas ni uniformes en todas las partes de esta.
- Peletizados: Corresponde a productos moldeados y compactos que ha tenido que exponerse a condiciones de calor entre 60 y 80°C para formarse, comúnmente se presenta en forma de pequeños cilindros a los que se denominan pellets.

Producción de balanceados en Ecuador

La Encuesta Global sobre Alimento Balanceado (Alltech, 2016) registró cerca de 351 empresas productoras de balanceados en el país, destacando por su tamaño la Asociación Ecuatoriana de Fabricantes de Alimentos Balanceados para Animales (AFABA) y la Asociación de Productores de Alimentos Balanceados (APROBAL). Recientemente, la misma encuesta indica que Ecuador, hasta julio del presente año, ha producido cerca de 2.7 millones de toneladas de alimento

animal, donde 45% corresponde a la producción de alimento para pollos de engorde, mientras que el 12% se concentró en alimentación porcina (Alltech, 2019).

Por otra parte, según el Sistema de Información del Agro (Sinagap) del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAGAP) especifica que las empresas dedicadas a dicha producción agroindustrial se establecen mayoritariamente en las provincias de Guayas, Pichincha y El Oro (Pro Ecuador, 2018).

1.4.5. Ingredientes principales en alimentos balanceados

Para determinar la formulación de un alimento balanceado se debe combinar varios ingredientes con el objetivo de suplir las necesidades energéticas y nutricionales para cada animal, dependiendo de diversos factores como su ciclo de vida, sexo y raza. Existen varios ingredientes que se pueden utilizar para la elaboración de alimentos balanceados, sin embargo, se pueden clasificar en dos componentes generales:

- La macromezcla, constituida comúnmente por cereales forrajeros como el maíz, el cual es usado como principal fuente de energía por su alto contenido de almidón; puede ser reemplazado por sorgo, cebada, trigo, avena, melaza y subproductos de molinería. Así también están presentes las oleaginosas, siendo la más común la soya, la cual es usada como fuente de proteína y aporte de aminoácidos que conforman dichas proteínas, aunque pueden utilizarse fuentes proteicas de origen animal como harina de pescado o harina de carne. Y, por último, el aporte calórico y de grasas que le otorgan los aceites, como el aceite de palma africana muy usado en los alimentos elaborados en Ecuador (Morales & Vera, 2018).
- La micromezcla, constituida por los aditivos necesarios para complementar los nutrientes en el producto final, pudiendo ser vitaminas, minerales e incluso aminoácidos de acuerdo con las necesidades de cada animal en una determinada etapa de vida. Asimismo, constituida por preservantes como antimicóticos para alargar la vida útil del producto y asegurar que sea apto

para el consumo del animal durante un tiempo establecido (Chachapoya, 2014).

La elección de los ingredientes de un alimento balanceado dependerá del costo de producción y la disponibilidad de materias primas en la región, debido a que los costos de materias primas constituyen entre un 70 a 85% del precio del producto final (Durhanthon, 2009).

A continuación se detallan los ingredientes más comunes de acuerdo con los requerimientos necesarios para cerdos y pollos de engorde, como son el maíz seco y la soya, siendo este último el de mayor contenido proteico en la formulación y el que representa mayor costo de adquisición debido a su alta demanda en el mercado y su limitada producción a nivel nacional (Chachapoya, 2014).

Maíz

El maíz (*Zea Mays*) es una gramínea originaria de México de gran importancia social y económica debido al papel que desempeña en la alimentación de la población nacional (INIAP, 2014).

Tan solo en Ecuador, se destinaron más de 384 mil hectáreas de terreno para su cultivo, con un rendimiento de 5.51 ton/ha, representando el cultivo con mayor superficie de terreno en el país. Según datos obtenidos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), en el 2018 se registró una producción de 1.3 millones de toneladas, cifra que se ha mantenido constante durante los últimos 3 años (Castillo M. A., 2018).

En el país se producen principalmente dos especies de maíz, el maíz suave choclo (blanco) concentrado en la región Sierra y el maíz duro seco (amarillo) concentrado en la región Costa, donde más del 50% es producido en la provincia de Los Ríos (Peña & Andrade, 2018). El maíz amarillo constituye la principal materia prima de alimentos balanceados para consumo animal, contribuyendo con un 30% de la proteína total en el balanceado, al estar presente entre un 60 a 75% en la formulación del producto (Chachapoya, 2014).

En la Tabla 1.3 se detallan las cantidades promedio en base húmeda de los principales componentes nutricionales del maíz amarillo.

Tabla 1.3 Composición nutricional promedio del maíz en 100 gramos de producto

[Elaboración propia]

Componente	Unidad	Contenido	Referencias
Energía	kcal	375.3 ± 14.5	(USDA, 2019) (NRC, 1982) (Feedispedia, 2012)
E.M.* para cerdo	kcal	328.3 ± 2.7	
E.M.* para pollo	kcal	322.5 ± 23.9	
Proteína	g	9.1 ± 0.3	
Grasa	g	4.1 ± 0.6	
Carbohidratos	g	70.0 ± 5.4	
Fibra	g	3.9 ± 3.0	
Cenizas	g	1.2 ± 0.2	

*E.M.: Energía metabolizable.

Tabla 1.4 Perfil de aminoácidos del maíz amarillo sobre gramos de proteína

[Elaboración propia]

Aminoácido	Unidad	Contenido	Referencias
Aminoácidos esenciales			
Metionina	g	2.012 ± 0.100	(USDA, 2019) (NRC, 1982) (Feedispedia, 2012)
Lisina	g	2.733 ± 0.315	
Treonina	g	3.712 ± 0.290	
Triptófano	g	0.773 ± 0.118	
Isoleucina	g	3.647 ± 0.192	
Leucina	g	11.870 ± 0.543	
Valina	g	4.988 ± 0.083	
Histidina	g	2.849 ± 0.303	
Fenilalanina	g	4.934 ± 0.059	
Aminoácidos no esenciales			
Arginina	g	4.977 ± 0.371	(USDA, 2019) (NRC, 1982) (Feedispedia, 2012)
Tirosina	g	3.995 ± 0.364	
Cisteína	g	1.674 ± 0.238	
Glicina	g	3.849 ± 0.217	
Serina	g	3.148 ± 0.727	
Prolina	g	5.775 ± 5.002	
Alanina	g	5.028 ± 4.355	
Ácido Aspártico	g	4.418 ± 3.840	
Ácido Glutámico	g	12.323 ± 10.676	

De igual manera, en la Tabla 1.4 se presenta el aporte promedio de aminoácidos, tanto esenciales como no esenciales, del maíz amarillo por cada gramo de proteína.

El gran aporte del maíz en la formulación se debe a que es la fuente de energía en el balanceado, ya que el contenido amiláceo que posee este cereal es altamente digerible para aves. Además, su palatabilidad, disponibilidad como recurso y el hecho de estar libre de factores antinutricionales, lo hacen idóneo para el uso en alimentos balanceados (Romero, 2015).

Soya

La soya (*Glycine max* L.) es una oleaginosa económicamente importante en el Ecuador. El país consume alrededor de 980,000 toneladas al año, sin embargo, su producción local es únicamente de 54,000 toneladas anuales, por lo tanto, se requiere de grandes volúmenes de importaciones para satisfacer su consumo (Aprobal, 2018).

Su gran demanda se debe, entre otros usos, a que es la principal fuente de proteína en los alimentos balanceados, para la nutrición de aves, cerdos, camarón, ganado y mascotas. En la composición nutricional de la soya destaca su alto aporte proteico que oscila entre 38% a 42%, mientras que el grado de concentración de aceite varía desde 18% a 22%, por lo que se la considera primordial para la elaboración de balanceados (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2009).

En la industria de balanceados, la oleaginosa se puede utilizar de dos formas que presentan porcentajes elevados de proteína, como semilla o torta de soya. La torta o harina de soya es un subproducto obtenido de la extracción de aceite de la semilla que, de acuerdo con el proceso de extracción que se realice, puede contener entre un 42% y 51% de proteína. Sin embargo, es común utilizar torta de soya en las formulaciones, ya que, al ser un subproducto de un proceso representa un menor costo (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980). En la Tabla 1.5 se detalla, en promedio, los componentes químicos y el aporte energético de la torta de soya; mientras que, en la Tabla 1.6 se presenta el aporte promedio de aminoácidos esenciales y no esenciales por cada gramo de proteína.

Tabla 1.5 Composición nutricional promedio de la torta de soya en 100 gramos de producto [Elaboración propia]

Componente	Unidad	Contenido	Referencias
Energía	kcal	355.3 ± 50.7	(USDA, 2019) (FAO, 2002) (NRC, 1982) (Feedispedia, 2012)
E.M.* para cerdo	kcal	303.1 ± 25.9	
E.M.* para pollo	kcal	224.6 ± 0.3	
Proteína	g	48.2 ± 3.3	
Grasa	g	1.7 ± 0.5	
Carbohidratos	g	18.2 ± 14.9	
Fibra	g	8.5 ± 6.1	
Cenizas	g	6.5 ± 0.3	

*E.M.: Energía metabolizable.

Tabla 1.6 Perfil de aminoácidos de la torta de soya sobre gramos de proteína [Elaboración propia]

Aminoácido	Unidad	Contenido	Referencias
Aminoácidos esenciales			
Metionina	g	1.293 ± 0,127	(NRC, 1982) (Feedispedia, 2012)
Lisina	g	6.090 ± 0,143	
Treonina	g	3.818 ± 0,119	
Triptófano	g	1.369 ± 0,062	
Isoleucina	g	4.571 ± 0,061	
Leucina	g	7.439 ± 0,166	
Valina	g	4.678 ± 0,174	
Histidina	g	2.524 ± 0,131	
Fenilalanina	g	4.912 ± 0,204	
Aminoácidos no esenciales			
Arginina	g	7.107 ± 0.351	(NRC, 1982) (Feedispedia, 2012)
Tirosina	g	3.225 ± 0.390	
Cisteína	g	1.549 ± 0.099	
Glicina	g	4.173 ± 0.126	
Serina	g	3.327 ± 2.881	
Prolina	g	3.309 ± 2.866	
Alanina	g	3.013 ± 2.612	
Ácido Aspártico	g	7.568 ± 6.554	
Ácido Glutámico	g	11.847 ± 10.260	

1.4.6. Requerimientos nutricionales de animales de engorde

Los requerimientos nutricionales corresponden a un rango mínimo de nutrientes que deben ser digeridos por un ser vivo en su alimentación diaria, relacionado con su capacidad genética y estado fisiológico. Estos requerimientos deben disponerse para obtener energía y producir tejidos corporales de acuerdo con el crecimiento de un ser vivo (Cromwell, 2019).

En la dieta animal, los cinco nutrientes más importantes son los carbohidratos, que transforman y producen energía; las proteínas, que componen los órganos del animal así como los músculos, tejidos y hormonas, y que además permiten suplir con aminoácidos esenciales para el desarrollo fisiológico adecuado; los minerales que promueven las reacciones químicas en el cuerpo, regulan la presión osmótica del cuerpo y los componentes del mismo, regula la temperatura corporal y aporta al desarrollo de huesos; las grasas que colaboran con energía, material de la membrana celular y ayuda a la absorción de compuestos liposolubles; y por último las vitaminas que soportan la acción de los tres principales nutrientes de manera eficiente (Instituto Nacional Tecnológico, 2016).

Cerdos de engorde

Las fases productivas de los porcinos dependen del tiempo de destete del animal, donde la etapa de engorde es considerada como la etapa final antes del sacrificio. Esta etapa comprende entre 50 a 100 kg de peso del animal durante 50 a 60 días, siendo el objetivo alcanzar el peso al sacrificio en el menor tiempo posible. Durante la etapa de engorde, el consumo promedio diario esperado es 2.51 kg/día, mientras que la ingesta de proteína es 289 g/día (Campabadal, 2009). Los requerimientos nutricionales incluyen 16% de proteína, 2% de grasa, minerales como calcio y fósforo, y un perfil de aminoácidos requerido (NRC, 2012).

Los aminoácidos esenciales que requieren los cerdos son lisina, treonina, metionina, triptófano, valina, isoleucina, leucina, histidina, fenilalanina, tirosina, glutamina y arginina. Sin embargo, en un alimento con base de maíz y harina de soya, los aminoácidos limitantes para considerar en la formulación debido a su bajo contenido en las materias primas son: lisina, que conforma la síntesis proteica muscular; metionina, que actúa como antioxidante y contribuye en la

descomposición de las grasas; triptófano, que aporta con la liberación de hormonas de crecimiento y promueve el buen funcionamiento del sistema inmunológico y treonina, que permite mantener un equilibrio proteico en el organismo (NRC, 2012), (Morales & Vera, 2018).

Generalmente se tiene a la lisina como la referencia nutricional en animales, ya que es el aminoácido esencial más limitante y es importante para la síntesis de proteína corporal, lo que lo hace sustancial en el suministro de dietas del animal. También se lo tiene como referencia ya que los análisis para su determinación son más exactos debido a que se conoce su límite mínimo en todas las fases de crecimiento (Nogueira, Kutschenko, Sá, Ishikawa, & Lima, 2012).

Pollos de engorde

El crecimiento de los pollos de engorde se considera en dos fases de crecimiento: fase inicial y fase final, siendo ésta última la fase de crecimiento o acabado del animal. La fase inicial comprende desde 1 a 21 días de vida y se estima que el pollo consuma de 1.1 a 1.3 kg de alimento balanceado, mientras que la fase de acabado representa desde los 22 a los 42 días de vida hasta antes del sacrificio, donde el pollo debe tener un peso promedio de 2.2 kg y su consumo total oscila entre 2.6 y 2.7 kg de balanceado (Orduña, et al., 2015).

Los requerimientos nutricionales son distintos para cada etapa del animal. Por ejemplo, en la etapa de engorde los compuestos más importantes a considerar son el contenido de proteína con un 19%, que aporta los aminoácidos esenciales para el desarrollo del pollo, grasa con un 4% que aporta con el contenido energético requerido, y micronutrientes como calcio y fósforo (National Research Council [NRC], 1994).

Los aminoácidos esenciales para el animal son lisina, metionina, treonina, triptófano, leucina, isoleucina, valina, histidina, fenilalanina, glicina y arginina (Ravindran, 2005). Sin embargo, en una base de alimento con maíz y harina de soya, los aminoácidos metionina, lisina, treonina y triptófano; son denominados aminoácidos limitantes, ya que están presentes en el alimento en una cantidad menor a la requerida por el animal (NRC, 1994).

Además, dichos aminoácidos son importantes en aves porque se necesitan de aminoácidos azufrados, como la metionina, para el crecimiento y mantenimiento de sus plumas; también requieren de lisina para la deposición de proteína corporal y absorción del calcio en el organismo; la treonina conforma parte de la proteína de los músculos de las aves, y se utiliza para sintetizar glicina, otro aminoácido esencial (Campos, Salguero, Albino, & Rostagno, 2010).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

De acuerdo con la problemática planteada se determinó, mediante bibliografía y revisión de productos comercializados en el mercado local, los ingredientes necesarios para la formulación base de un alimento balanceado incorporando gandul.

A continuación, se definieron y probaron dos posibles formulaciones de alimento balanceado para cerdos y pollos de engorde, buscando satisfacer los requisitos energéticos y nutricionales para cada especie y cumpliendo con los requisitos bromatológicos dispuestos por las normas técnicas vigentes.

Por otro lado, se analizaron las variables correspondientes para plantear el diagrama de flujo y el diseño de planta que permita producir pellets de alimento balanceado en las instalaciones de la corporación a partir de las fórmulas definidas; y, por último, se llevó a cabo un análisis financiero para estimar la factibilidad de llevar a cabo el proyecto.

2.1. Determinación de formulación inicial

Se realizó una búsqueda de las marcas de balanceado para cerdos y pollos comercializadas en la zona, con la finalidad de identificar los ingredientes principales, presentaciones disponibles y la información nutricional del alimento balanceado. Esta información se detalla en el APÉNDICE A.

A continuación, se consultaron los requerimientos nutricionales para cerdos y pollos de engorde, los cuales se muestran en los 47 y C, respectivamente. Se determinó que los requisitos energéticos (energía metabolizable) y proteicos (porcentaje de proteína) junto con sus aminoácidos limitantes (lisina, metionina, treonina y triptófano) son los más importantes a cumplir dentro de un alimento balanceado; por esta razón, se establecieron como variables independientes en la formulación a las materias primas que más influían en el requerimiento energético, contenido de proteína y aminoácidos limitantes.

2.2. Método de Programación Lineal

Existen diferentes métodos para la formulación de alimentos balanceados, siendo el método de programación lineal el más utilizado gracias a que permite optimizar una función objetivo, ya sea minimizando el costo de la ración o minimizando/maximizando el contenido de un nutriente específico (Chachapoya, 2014).

En este trabajo se determinó como objetivo, minimizar el costo por kilogramo de la fórmula base del balanceado; para ello, se hizo uso de una hoja de cálculo de Excel utilizando la herramienta estadística Solver, método "Simplex-LP", donde se definieron los parámetros a considerar para cumplir la función objetivo, los cuales se especifican en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Definición de variables para formulación [Elaboración propia]

Variables de Decisión	Maíz Amarillo	Torta de Soya	Gandul Seco	Aceite de Palma
Gramos necesarios	1	1	1	1
Costo por kg de producto	0.00034	0.00043	0.00038	0.00070
Costo mínimo (\$/kg producto)	-			

Función Objetivo:

$$\text{Costo mínimo} = 0.00034X_1 + 0.00043X_2 + 0.00038X_3 + 0.00070X_4$$

Variables de Decisión:

X₁: Gramos de maíz para 1 gramo de producto

X₂: Gramos de torta de soya para 1 gramo de producto

X₃: Gramos de gandul seco para 1 gramo de producto

X₄: Gramos de aceite de palma para 1 gramo de producto

Posteriormente, se definieron las restricciones que se necesitan cumplir en el modelo de optimización, para ello, se utilizaron los requerimientos nutricionales de cada animal, los cuales se muestran, en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Requerimientos nutricionales sobre gramo de producto [Elaboración propia]

Requerimientos Nutricionales	Unidad	Cerdos	Pollos
Energía Metabolizable	kcal	3.30	3.20
Grasa	g	0.02	0.05
Proteína	g	0.16	0.19
Lisina	g	0.008	0.009
Metionina	g	0.003	0.003
Treonina	g	0.006	0.007
Triptófano	g	0.002	0.002

Así mismo, a partir de una búsqueda y recolección de información de casos de estudio, se establecieron límites de participación para cada materia prima, los cuales se especifican en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Límites de participación de las materias primas [Elaboración propia]

Ingredientes	Unidad	Alimento para engorde		
		Cerdos	Pollos	Tipo de Variable
Maíz amarillo	%	0-65	0-65	Independiente
Torta de soya	%	0-30	0-30	Independiente
Gandul	%	10-30	10-30	Independiente
Aceite vegetal	%	1.95	3.50	Fija
Aditivos y nutrientes	%	3.05	1.50	Fija

2.3. Elaboración de las fórmulas de balanceado

Para la elaboración de cada una de las mezclas se utilizó harina de maíz y aceite de palma obtenidos en un supermercado local, torta de soya facilitada por una empresa de balanceados nacional, y granos de gandul seco obtenido de la corporación.

El gandul fue desvainado, limpiado y acondicionado, siguiendo el método combinado de remojo y cocción probado por Onwuka (2006), con el objetivo de inactivar los factores antinutricionales que afectan la alimentación del animal, el cual demostró una reducción del 98% de los inhibidores de tripsina y del 100% de taninos.

Durante el acondicionamiento, los granos de gandul se sometieron a un remojo en agua por 12 horas en una relación 1:10 grano:agua, posteriormente se escurrieron y cocieron en agua a temperatura de ebullición por 80 minutos manteniendo la misma relación 1:10. Luego, los granos se escurrieron y secaron en un deshidratador de bandejas a 55°C durante 6 horas. Finalmente, los granos secos fueron pulverizados en un molino de martillos hasta obtener una harina con una granulometría entre 50 (300 μm) y 70 Mesh (212 μm), a la cual se le determinó el porcentaje de humedad con ayuda de una termobalanza. Para ello, se realizó un ensayo por triplicado pesando 5 gramos de muestra en cada prueba con el equipo operando a 130°C.

Para obtener los pellets de las dos formulaciones escogidas por la herramienta Solver, se mezclaron de manera manual las materias primas según la proporción establecida para cada animal. La mezcla obtenida se depositó en el plato de una peletizadora de laboratorio con un dado de 4mm de diámetro, y se extruyó a una temperatura entre 90 a 100°C.

Los pellets obtenidos se secaron en una estufa de laboratorio a 50°C durante 12 horas con el objetivo de reducir el exceso de agua ganado durante el mezclado. Finalmente, se almacenaron en bolsas de polietileno selladas herméticamente durante 7 días hasta realizar la caracterización del producto.

2.4. Caracterización de balanceado

Se realizaron análisis bromatológicos a los pellets obtenidos de cada formulación, con la finalidad de validar si las fórmulas desarrolladas cumplían con los requisitos establecidos en la normativa de balanceado para cada animal.

En cuanto a normas para balanceado de cerdos, se utilizó la Norma Boliviana NB 550: Alimentos balanceados para porcinos, al no encontrarse normativa ecuatoriana para dicho animal, cuyos requisitos están presentados en el Apéndice D.1. A diferencia del balanceado para pollos que sí consta con una norma ecuatoriana, la cual es la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1829: Alimentos zootécnicos compuestos para pollos de engorde, descrita en el Apéndice D.2.

2.4.1. Determinación de Porcentaje de Humedad

El contenido de humedad de los pellets de balanceado obtenidos se realizó en un medidor de humedad por infrarrojo (Sartorius MA160) mediante un ensayo por duplicado, pesando 5 gramos de muestra en cada prueba con el equipo operando a 130°C.

2.4.2. Determinación de Porcentaje de Grasa

Se determinó el contenido de grasa en los pellets de balanceado, por duplicado, siguiendo el procedimiento establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 541: "Alimentos para animales. Determinación de la materia grasa". Para ello, se utilizaron 2 g de muestra y hexano como solvente de extracción, la cual duró 16 horas.

2.4.3. Determinación de Porcentaje de Proteína

Para la determinación del contenido de proteína en los pellets de balanceado, se siguió el procedimiento establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 543: "Alimentos para animales. Determinación de la proteína cruda". El ensayo se realizó por duplicado pesando 1 g para cada tubo, la digestión se llevó a cabo en una unidad digestora de Kjeldahl usando como catalizador 15 g de sulfato de potasio y 0.5 g de sulfato de cobre.

2.4.4. Determinación de Porcentaje de Cenizas

Por último, se determinó el contenido de cenizas en los pellets de balanceado, siguiendo el procedimiento establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 544: "Alimentos para animales. Determinación de las cenizas". El ensayo se realizó por duplicado, a partir de 2 gramos de muestra desengrasada obtenida en el análisis de grasa (2.4.2), la cual fue previamente carbonizada en una plancha de calentamiento antes de ser introducida en la mufla.

2.5. Diagrama de flujo

El diagrama de proceso de la línea de producción se definió a partir de las materias primas seleccionadas para la elaboración del balanceado, con el fin de contemplar etapas de acondicionamiento en caso de requerirlos.

Por otro lado, se determinaron los equipos necesarios para llevar a cabo las operaciones respectivas, considerando una producción por batch.

2.6. Propuesta de distribución de la planta

Para determinar la distribución de las maquinarias y bodegas dentro de la planta disponible, se estableció primero la capacidad de producción a partir de la demanda de producto requerida por cada animal, la cual se obtuvo multiplicando el número de cabezas de ganado porcino y de pollos/pollas de campos vendidos en la provincia de Los Ríos por los kilogramos consumidos durante la etapa de engorde respectivamente. Además, se asumió un 10% de participación de la demanda anual obtenida y se consideró una jornada neta de 6.5 horas al día, trabajando 5 días a la semana.

Posteriormente, se llevó a cabo la metodología de relación de actividades mediante un cuadro organizacional que relaciona la importancia de proximidad de cada una de las actividades y/o áreas consideradas en el proceso. La escala de valoración de proximidad y los criterios utilizados para el análisis de cercanía entre los departamentos, se describen en la Tabla 2.4 y 2.5 respectivamente.

Por último, se utilizó el software CORELAP 1.0 (Computerized Relationship Layout Planning) para generar una propuesta de distribución de las áreas dispuestas en la tabla de relación de actividades, obteniéndose un esquema con el arreglo más conveniente para las etapas del proceso, a partir de valorar cada departamento según su importancia de cercanía.

Tabla 2.4 Escala de valoración de la tabla de relación de actividades [Vanaclocha, 2005]

Código	Escala de proximidad	Color asociado
A	Absolutamente necesaria	Rojo
E	Especialmente importante	Amarillo
I	Importante	Vede
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia	-
X	Rechazable	Marrón

Tabla 2.5 Criterios para la valoración [Vanaclocha, 2005]

Motivos	
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Polvos
5	Malos olores y/o ruidos
6	Seguridad del producto
7	Utilización material común
8	Accesibilidad

2.7. Estimación de costos

Se llevó a cabo una proyección del flujo de efectivo neto a 5 años plazo considerando los ingresos anuales y costos variables a partir de la demanda asumida para cerdos y pollos de engorde, gastos fijos y un préstamo bancario del 60% de la inversión inicial.

Para los costos variables se consideraron los costos de producción directos, tales como, las materias primas, material de empaque y mano de obra requerida; mientras que, como costos indirectos, se consideraron los servicios básicos dentro de la planta y el personal indirecto de producción.

Por otro lado, los costos fijos comprendían al personal administrativo, servicios básicos, materiales de oficina, enseres, publicidad, depreciaciones, etc. Por último, se determinaron los indicadores financieros con el fin de analizar la factibilidad económica del proyecto.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Formulación inicial

De acuerdo con la información obtenida del Apéndice A, se identificó que los ingredientes principales utilizados por los productos comercializados a nivel local son maíz, torta o harina de soya, arroz y aceite de palma; mientras que, también compartían aditivos como el carbonato de calcio, sal, antimicóticos; y, complementos nutricionales como vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales: metionina, lisina, triptófano y treonina.

Estudios previos indican que el maíz amarillo es el ingrediente con mayor participación en la fórmula de balanceados al ser un recurso con alta disponibilidad en el mercado, y es usado como fuente de energía en el alimento balanceado. Aunque el porcentaje definido sobre el uso del maíz en alimento balanceado varía según el fabricante, Chachapoya (2014) recomienda utilizar maíz en un máximo de 66% a 60% en las formulaciones para cerdos y pollos de engorde, respectivamente. Por otro lado, se experimentó en varias formulaciones base con inclusión de harina de gandul, donde el maíz constituyó desde el 50% hasta 60% para un alimento balanceado para pollos de engorde (Zambrano & Zambrano, 2014).

En el caso de torta de soya, se identificó que es la fuente principal de proteína en el producto. Un estudio realizado por Morales y Torrealba (2011), indicó que se puede utilizar hasta un 36% en la formulación para cerdos en etapa de crecimiento y un 39% en formulaciones para pollos en etapa final o engorde. Además, Chachapoya (2014) manifestó que la soya puede representar entre el 15 al 30% de la formulación en la dieta de un animal, y en su experimentación, la torta de soya logró un aporte de 11% en fórmulas de cerdos de engorde y un 27% en la de pollos de engorde.

Por último, estudios han demostrado factible el uso del gandul dentro de la formulación de balanceados.

Por ejemplo, en una experimentación en dietas de cerdas de lactancia donde se evaluó la incorporación de harina de gandul en diferentes niveles, obtuvieron que hasta con un 30% de harina de gandul se observaba ganancia de peso en el animal (Velásquez, 2007). Asimismo, para pollos de engorde, se han manifestado estudios que concluyen que hasta un 20 y 30% de harina de gandul en las dietas balanceadas mantuvieron los parámetros productivos de manera satisfactoria para el animal (Trómpiz, y otros, 2011), (Zambrano & Zambrano, 2014).

Por otro lado, productos del mercado y estudios previos muestran la incorporación de microingredientes que tienen roles importantes dentro de la formulación de balanceado, los cuales incluyen: aceite vegetal como aporte energético y aglutinante de la mezcla; antimicóticos para preservar el alimento y mantenerlo libre de hongos; núcleos que aportan con vitaminas, minerales y aminoácidos para contribuir con la calidad nutricional del alimento; y sales que aumenta la palatabilidad del producto (Chachapoya, 2014).

Por lo tanto, para la formulación de los balanceados de cerdos y pollos se consideró el uso de maíz, torta de soya y harina de gandul como los ingredientes principales del producto; reservando un 5% del total de la fórmula para los microingredientes, aunque se utilizó únicamente aceite de palma para la experimentación.

Se definió un contenido de aceite para cada formulación, de acuerdo con el requerimiento en la etapa de engorde. Chachapoya (2014), estipula que los pollos de crecimiento necesitan una mayor concentración de grasa en su dieta, a diferencia de los destinados a la producción de huevos, ya que en la etapa final o engorde el animal acumula grasa en la parte abdominal y los tejidos conectivos debajo de la piel y entre los músculos. Mientras que el aporte proteico, en el cerdo en etapa de engorde, tiene más peso que el aporte energético, por motivos de calidad de carne del animal puesto que sus músculos requieren de recursos aminoácidos para la conformación. Además, los carbohidratos que conforman los cereales involucrados en la formulación son la fuente de energía más importante para los cerdos en dicha etapa.

En el Apéndice E, se muestran los costos y aportes nutricionales de los ingredientes considerados para la formulación de cerdos y pollos. Los valores se estandarizaron a 90% de materia seca para facilitar la formulación.

3.2. Método de Programación Lineal

A partir de las variables (ingredientes principales) y restricciones identificadas, por medio de la herramienta Solver se encontró una formulación óptima que entregue el menor costo de ración y cumpla con todos los requisitos establecidos tanto para cerdos como para pollos de engorde, los cuales se pueden comprobar en el Apéndice F y G respectivamente.

Los porcentajes de participación de cada materia prima y los costos de formulación por kilogramo de producto se detallan, en la Tabla 3.1; donde se observa que, considerando únicamente los costos de las materias primas principales, la formulación de alimento balanceado para cerdos resulta menos costosa, 34 ctvs/kg, en comparación con la fórmula para pollos de engorde, 37 ctvs/kg.

Tabla 3.1 Fórmulas de balanceado para cerdos y pollos propuestas por Solver
[Elaboración propia]

Ingredientes	Unidad	Cerdos	Pollos
Costo por kg.	\$/kg	0.34	0.37
Maíz	%	64.39	61.54
Soya	%	9.60	23.46
Gandul	%	21.01	10.00
Aceite	%	1.95	3.50

Además, se determinó de manera teórica la composición nutricional para cada formulación, detallada en la Tabla 3.2, a partir de los valores ajustados a materia seca del Apéndice E.

Tabla 3.2 Composición nutricional teórica de pellets en 100 gramos de producto
[Elaboración propia]

Requerimientos Nutricionales	Unidad	Cerdos	Pollos
Energía Metabolizable	kcal	3,650	3,520
Proteína	g	16.01	20.53
Lisina	g	0.84	1.10
Metionina	g	0.26	0.32
Treonina	g	0.62	0.80
Triptófano	g	0.16	0.24
Grasa	g	4.03	5.58
Carbohidratos	g	75.79	68.78
Fibra	g	8.35	8.39
Cenizas	g	2.51	3.01

3.3. Elaboración de balanceado

En la Figura 3.1 se muestra las etapas realizadas a escala laboratorio para la obtención de harina de gandul, las cuales consistieron en remojo del gandul, cocción, secado y molienda. La harina tuvo en promedio un contenido de humedad igual a 6.33 ± 0.27 . Otros estudios obtuvieron un porcentaje de humedad de 9.46% con un procedimiento similar, pero con una etapa de secado de 2 horas a 40°C (García, Aiello, Peña, Ruiz, & Acevedo, 2012), lo que indica que se puede disminuir el tiempo del tratamiento térmico y aún así obtener valores de humedad cercanos a los que comúnmente se presenta en harinas, de máximo 13%.

Al no contar con un equipo acondicionador que inyecte vapor antes del peletizado, se agregó 2 veces más la cantidad original de aceite dispuesto en cada fórmula y 35 ml de agua destilada para conseguir que la mezcla se hidrate y los almidones presentes se puedan gelatinizar durante el peletizado.



Figura 3.1 Obtención de harina de gandul [Elaboración propia]

Por lo tanto, las proporciones de los ingredientes propuesta por Solver se vieron alteradas, por lo que se procedió a ajustar los valores considerando el aceite extra añadido en cada fórmula, obteniendo las formulaciones que se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Formulación ajustada [Elaboración propia]

Ingredientes	Unidad	Cerdos	Pollos
Maíz	%	61.62	59.46
Soya	%	9.19	22.67
Gandul	%	20.10	9.66
Aceite	%	5.74	6.76

Los pellets obtenidos para cada formulación se muestran en la Figura 3.2; ambos presentaron una tonalidad amarilla oscura con un diámetro y longitud de 4 y 20 mm respectivamente, debido a que solo se disponía de ese diámetro para el dado de la peletizadora utilizada.

Sin embargo, el diámetro del pellet es directamente proporcional al tamaño del animal, por lo tanto, los pellets para cerdos de engorde deben tener un diámetro superior a los pellets para pollos. Generalmente, los pellets destinados a cerdos en etapa de engorde presentan una longitud entre 5 a 10 mm y un diámetro igual a 6 mm; mientras que, los pellets para pollos presentan una longitud entre 8 a 10 mm de largo y 4 mm de diámetro (Albán & Arias, 2019).



Figura 3.2 Peletizado de alimento balanceado para cerdos y pollos de engorde
[Elaboración propia]

3.4. Caracterización de balanceado

En la Tabla 3.4 se detallan los resultados promedio obtenidos de los análisis bromatológicos para las dos formulaciones planteadas.

Tabla 3.4 Composición nutricional de los pellets obtenidos [Elaboración propia]

Parámetro	Unidad	Cerdos	Pollos
Humedad	%	4.28 ± 0.18	3.37 ± 0.11
Grasas	%	9.00 ± 0.00	10.25 ± 0.35
Proteínas	%	13.12 ± 0.76	18.99 ± 0.69
Cenizas	%	2.73 ± 0.06	3.62 ± 0.08

En la literatura se señala que el alimento balanceado debe tener un porcentaje de humedad menor al 10% para así garantizar que el crecimiento microbiano no ocurra, ya que los microorganismos causantes del deterioro del producto requieren de un medio con alta humedad para poder desarrollarse (Salinas, 2017). Por otro lado, otro estudio reporta experimentaciones con 15% de gandul y 57.54% de maíz en la formulación de alimento balanceado para pollos de engorde, presentando un porcentaje de 18.25% de proteína (Magboul, 1998), valor similar al resultado obtenido en el presente trabajo en el alimento de pollo de engorde que fue de 18.99%, con la diferencia en participación de 10% de gandul e incorporación de 23.46% de soya en la formulación.

Chachapoya (2014) presentó porcentajes de proteína de 13.20% en balanceando de cerdos de engorde; sin embargo, en dicha formulación no utiliza gandul como materia prima, sino 66.55% de maíz, soya en un 11.43% y otras materias primas no convencionales como afrecho y polvillo de arroz que representaron el 7.43% y 9.57%, respectivamente. De esto se puede deducir que el gandul puede ser

utilizado en reemplazo de afrecho y polvillo de arroz, obteniendo resultados de proteína muy similar, de 13.12%, incluso utilizando 61.62% de maíz y 9.19% de soya en su formulación.

En cuanto al porcentaje de proteína para pollos de engorde, el mismo autor declaró resultados de 23.62% utilizando 60.36% de maíz y 26.73% de soya. Aunque el porcentaje de soya, que otorga contenido proteína al alimento balanceado, no difiere significativamente con el porcentaje en la formulación propuesta (22.67%), cabe recalcar que Chachapoya utilizó un 5% de núcleo para dicho balanceado, lo que aporta con aminoácidos y asegura que el contenido proteico cumpla con los requerimientos del animal.

Tabla 3.5 Comparación de resultados a 90% materia seca para cada formulación
[Elaboración propia]

Tabla 3.5.1 Cerdos de engorde				
Muestra	Valor Esperado	Valor Obtenido	Diferencia Absoluta	Requerimiento Nutricional
Proteína	15.31%	12.89%	2.42%	> 16%
Grasa	7.75%	8.84%	1.09%	> 2%
Cenizas	2.42%	2.68%	0.26%	< 8%
Tabla 3.5.2 Pollos de engorde				
Muestra	Valor Esperado	Valor Obtenido	Diferencia Absoluta	Requerimiento Nutricional
Proteína	19.83%	18.30%	1.53%	> 18%
Grasa	8.77%	9.88%	1.11%	> 4%
Cenizas	2.91%	3.49%	0.58%	< 8%

Además, se realizó la validación para comparar los resultados obtenidos por los análisis bromatológicos con los valores esperados, además de comprobar el cumplimiento de las normas consideradas. Para ello, se determinaron de manera teórica los valores esperados para proteína, grasa y cenizas considerando las proporciones modificadas debido al mezclado (Tabla 3.3), resultando en la Tabla 3.5, donde podemos observar que se obtuvo un contenido de proteínas para ambos animales, menor al esperado; mientras que, los valores de grasa y cenizas obtenidos fueron superior al valor teórico esperado.

En cuanto al cumplimiento legal estipulado por las normas vigentes, la Norma INEN 1829, que se muestra en el Apéndice D, indica que el alimento balanceado para pollos debe presentar un porcentaje de humedad máximo de 13%, un mínimo graso de 4%, mínimo 18% de proteína y máximo 8% de cenizas. Bajo esta disposición vigente, se reveló que la formulación propuesta de balanceado para pollos en etapa de engorde cumple con los requisitos de la norma.

Por el contrario, la formulación de alimento balanceado para cerdos en etapa de engorde no llegó a cumplir con los requisitos dispuestos, pues la Norma NB: 550, presentada en el Apéndice D, indica que se requiere de un máximo de 13% de humedad, mínimo 2% de grasa y 16% de proteína y un máximo de 8% de cenizas. Esto se debe a que el análisis demostró que el contenido de proteína de la formulación elaborada fue de 13.12%, porcentaje que no se incluye dentro del rango permitido por la norma.

3.5. Diagrama de Flujo

Se estableció un diagrama de proceso, ver Figura 3.3, con las etapas requeridas para llevar a cabo la producción de alimento balanceado para las dos fórmulas definidas en la sección anterior.

Las etapas que comprende el diagrama de flujo son:

- Recepción de materia prima: En esta etapa se reciben las materias primas que se involucran en el proceso como maíz, soya, gandul, aceite y demás aditivos. Es importante analizar los parámetros de calidad e inocuidad para poder aceptar la materia prima, mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos.

- Secado: Es el proceso mediante el cual la materia prima es sometida a un tratamiento térmico que logra reducir su humedad hasta máximo un 13%; de esta manera se conserva el alimento al disminuir su actividad química y microbiológica. En la planta se cuenta con dos secadores de torre que operan a temperaturas entre 80 y 90°C y logran secar 1,000 quintales de maíz, con humedad inicial de 30%, durante 6 horas.

- Molienda: Es el proceso donde se reduce el tamaño de partículas de los granos, de tal manera que se pueda conseguir un alimento más digerible para el animal. Se requiere de un molino de martillos para realizar el proceso. En dicha etapa se considera un tamizado óptimo que permita generar una mezcla homogénea.
- Pesado/Dosificación: Consiste en pesar las materias primas según la formulación prevista para el animal y la adición de otros aditivos y nutrientes específicos. Se utiliza una balanza de plataforma para pesar los macronutrientes y una balanza digital para el pesado de micronutrientes. Como el proceso estipulado es en batch, se dosifica manualmente las materias primas pesadas hacia el equipo de la siguiente etapa.
- Mezclado: Es una etapa importante del proceso de elaboración de alimentos balanceados ya que se espera obtener una mezcla homogénea para garantizar el cumplimiento de los requerimientos nutricionales necesarios para el animal (Covaleda, 2011).
- Acondicionamiento: Esta etapa es primordial ya que ocurre la hidratación, precocción y homogenización de la mezcla de harinas del alimento balanceado para garantizar un correcto peletizado. La mezcla de ingredientes se somete a temperaturas entre 75 y 90°C por medio de inyección de vapor saturado a presiones entre 10 y 30 psi. En este proceso se espera que la mezcla obtenga una humedad de hasta 17% y los polvos se compacten de mejor manera para formar los pellets (Morales & Vera, 2018).
- Peletizado: Es la etapa más crítica del proceso, porque dependerá de este proceso la calidad y durabilidad del producto final. Una vez ocurrido el acondicionamiento, la mezcla pasa por un dado que moldea termoplásticamente a presiones de hasta 40 PSI y temperaturas de hasta 80°C, con el fin de disminuir la humedad del alimento hasta un máximo de 13% y expandirlo hasta obtener el pellet, que dependerá del diámetro del dado. Para alimentos balanceados de cerdos, se recomienda diámetros de

6 mm, mientras que para pollos se recomienda obtener pellets de un diámetro entre 2 a 4 mm (Maya, 2016).

- **Enfriamiento:** Este proceso se realiza para disminuir la temperatura de los pellets y se evite la condensación de vapores en los empaques, mejorando su conservación. El enfriamiento usa un equipo que distribuye corrientes de aire a través de los pellets hasta que la temperatura de estos no sea mayor de 5°C, en referencia a la temperatura ambiente (Covaleda, 2011).
- **Embalaje:** Es la etapa donde se empaqueta el alimento en sacos o bultos, de 20 o 40 kg, de polipropileno. El empaque debe estar correctamente etiquetado y mostrar la información nutricional referente al tipo de animal y a la etapa de crecimiento a la que se dirige el producto. Se utiliza una máquina cosedora de hilo para sellar los sacos antes de almacenarlos.
- **Almacenamiento de producto terminado:** Es la etapa final antes de la distribución y venta del producto. Los sacos deben ser apilados en pallets que contengan hasta 25 unidades y ubicados en bodegas con una correcta disposición que permita una buena ventilación, para evitar la contaminación del alimento balanceado.

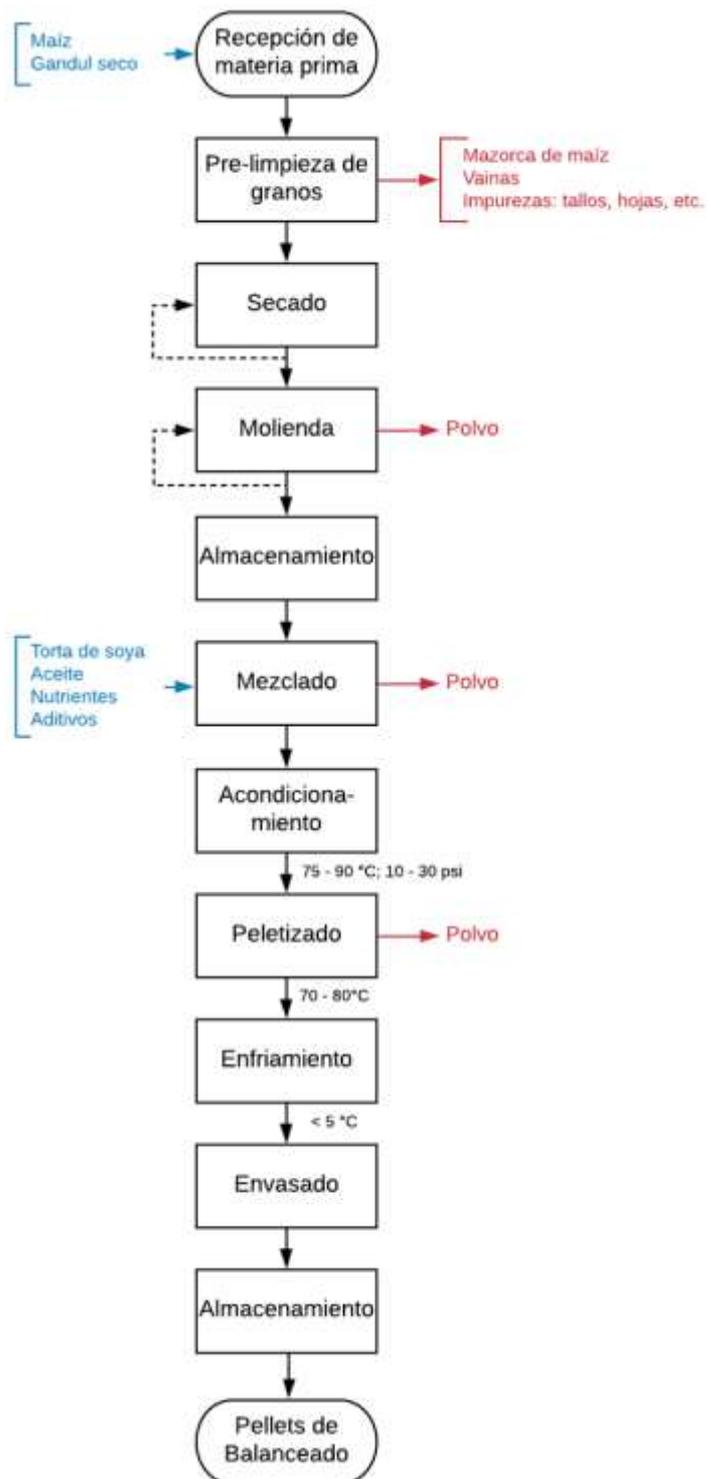


Figura 3.3 Diagrama de flujo para elaboración de alimento balanceado [Elaboración propia]

3.6. Propuesta de diseño de planta

Considerando un consumo por animal de 138.05 kg y 2.70 kg para cerdos y pollos de engorde respectivamente, se obtuvo que el total de toneladas a procesar en

un año, es alrededor de 222 toneladas, representando 7 sacos/h. A partir de ello, se diseñó una bodega de producto terminado capaz de almacenar como mínimo, la producción de 3 meses; es decir, 2,781 sacos de 20 kg de alimento balanceado, resultando en una bodega con capacidad para 117 pallets correspondiente a 2,925 sacos, como se muestra en el Apéndice H.

Para la bodega de materia prima se tomó en cuenta que el maíz y gandul son cultivos transitorios con un periodo de cosecha semestral, por lo que se contempló que la bodega sea capaz de almacenar hasta 6 meses de cosecha para suplir la producción de 1 año; mientras que, para los ingredientes restantes, se consideró una compra mensual de la cantidad requerida para ambas formulaciones. El resumen de estos valores se enlista en la Tabla 3.6.

En base a las cantidades registradas en la Tabla 3.6, se logró diseñar una bodega capaz de almacenar hasta 200 pallets, correspondientes a 5,000 sacos, la cual se muestra en el Apéndice I.

Tabla 3.6 Capacidad necesaria para bodega de materia prima [Elaboración propia]

Ingredientes	Cantidad	Unidad
Unidades de 20 kg maíz	3,449	sacos/año
Unidades de 20 kg gandul	1,374	sacos/año
Unidades de 20 kg soya	77	sacos/mes
Bidones de 20 L de aceite	21	bidón/mes
Unidades de 25 kg aditivos	23	sacos/mes
Total	4,944	sacos/bodega

Por otro lado, para plantear la distribución de los elementos de la planta, se completó la Tabla de Relación de Actividades dispuesta en la Figura 3.4, con las áreas y/o departamentos necesarios para la gestión y producción de alimentos balanceados, así como también, con la valoración asignada según la importancia de proximidad entre departamentos.

Actividades										
Área de recepción										
Área de acondicionamiento de materia prima	E 1		U 2		X 6					
Almacenamiento de materias primas acondicionadas	A 6	O 1		U 6	X 6					
Área de mezclado-peletizado	E 1	I 1		U 6	U 6		X 6			
Enfriamiento - Envasado	E 1	I 1		U 6	U 3		U 6	X 6		
Almacenamiento de producto terminado	A 8		U 3		U 3		U 4	X 4	X 2	X 2
Laboratorio de control de calidad	O 3		U 3		U 4		X 2	X 2		
Oficinas	I 8		U 1		X 2					
Baños	O 8		X 2							

Figura 3.4 Tabla de Relación de Actividades para elaboración de balanceado
[Elaboración propia]

Las calificaciones de la tabla de relación de actividades, junto con la superficie destinada para cada departamento, se ingresaron en el software CORELAP, el cual ordenó los departamentos según su nivel de interacción con las demás actividades de la planta. En base a estos criterios, CORELAP propuso el acomodo dispuesto en la Figura 3.5, junto con la numeración dispuesta para cada etapa de la tabla de relación de actividades, la cual se explica en la Tabla 3.7.



Figura 3.5 “Layout” adecuado propuesto por CORELAP [Elaboración propia]

Tabla 3.7 Numeración dispuesta en el layout [Elaboración propia]

Numeración de departamento		Superficie en m2
1	Almacenamiento de materia prima	571.56
2	Acondicionamiento	26.33
3	Mezclado-Peletizado	7.12
4	Enfriamiento-Envasado	5.98
5	Almacenamiento de producto terminado	475.20
6	Laboratorios	12.00
7	Recepción	76.15
8	Oficinas	48.00
9	Baños	6.00

La ubicación de los departamentos permite que se cumpla el principio del flujo hacia adelante, respetando el orden de transformación de los ingredientes, lo cual se demuestra en la Figura 3.6, donde se indica el flujo de los materiales dentro de la línea de producción, además, se puede observar que las áreas productivas se separan de aquellas no productivas sin interrumpir dicho flujo.

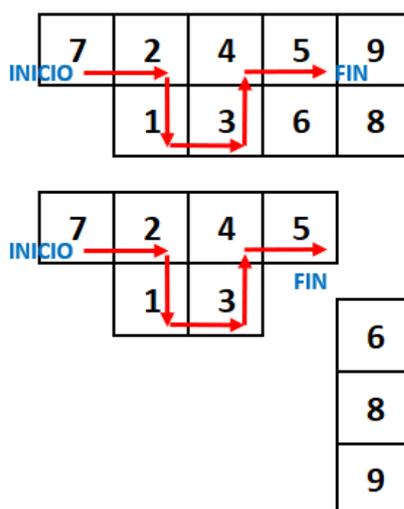


Figura 3.6 Diagrama de recorrido del producto [Elaboración propia]

Finalmente, en base a los resultados obtenidos en esta sección, se propuso un diseño de planta dispuesto en el Apéndice J, considerando las dimensiones de galpón de la corporación de 80x20m, y las superficies requeridas para cada etapa del proceso.

3.7. Estimación de costos

En el Apéndice K e L se muestra el cálculo de costos de materia prima y material de empaque por año para cerdos y pollos de engorde, respectivamente. Se consideró un total de 10,739 sacos de 20 Kg de balanceado de cerdos y 382 sacos de 20 kg anuales de balanceado de pollos, de acuerdo con el porcentaje de participación de la corporación en el mercado.

Asimismo, se calculó el precio de venta al público (PVP) de cada producto considerando los costos variables detallados en el Apéndice M junto con los costos de materia prima y empaque, y los costos fijos detallados en el Apéndice N. El PVP para el producto balanceado de cerdos de engorde fue de \$20.00, mientras que el PVP para balanceado de pollos fue de \$24.00.

Se calculó el punto de equilibrio de unidades de venta de balanceado para cerdos de engorde considerando los valores de la Tabla 3.8, en la cual se observa los costos fijos y variables, el costo unitario y el PVP. De esta manera, se obtuvo que el punto de equilibrio para alimento balanceado es de 8,987 unidades.

Tabla 3.8 Punto de equilibrio de alimento balanceado de cerdos de engorde

[Elaboración propia]

Costos variables	\$ 157,661.53
Costos fijos	\$ 47,801.74
Costo variable unitario	\$ 14.68
PVP	\$ 20.00
Punto de equilibrio	8,987

Asimismo, se tomó en consideración los costos detallados en la Tabla 3.9 para calcular el punto de equilibrio para balanceado de pollos de engorde, el cual dio como resultado 5,797 unidades.

Tabla 3.9. Punto de equilibrio de alimento balanceado de pollos de engorde

[Elaboración propia]

Costos variables	\$ 6,017.81
Costos fijos	\$ 47,801.74
Costo variable unitario	\$ 15.75
PVP	\$ 24.00
Punto de equilibrio	5,797

Finalmente, se determinó la viabilidad del proyecto de acuerdo con un flujo de caja para ambos productos, el cual se presenta en el Apéndice O. Como resultado de dicho flujo, se obtuvo un valor actual neto (VAN) de \$36,299.11. Además, se calculó la tasa interna de retorno (TIR) que dio como resultado 24.43%. Puesto que el VAN es mayor a cero y a la inversión requerida y el TIR es mayor a la tasa mínima de inversión admitida, que es de 10.79%, el proyecto puede ser viable con un porcentaje de participación en el mercado de 10% por parte de la corporación.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se consiguió la incorporación parcial de gandul en formulaciones de alimento balanceado para pollos de engorde, gracias a su aporte proteico. Con un porcentaje de participación del 10% se logró llegar a valores de proteína aceptables bajo norma. Sin embargo, la formulación de balanceado para cerdos de engorde no cumplió con el límite mínimo exigido por norma y por requerimiento nutricional del animal, por lo que se debe considerar valores menores a 21% de gandul en la formulación.

El acondicionamiento de la premezcla es una etapa muy importante en el proceso de elaboración de alimento balanceado debido a que sin esta etapa no se alcanza la humedad necesaria para la formación de los pellets.

Fue posible el diseño de una línea de producción para alimento balanceado dentro de las instalaciones de la corporación, tomando en cuenta la capacidad requerida por las bodegas de materia prima y producto terminado, y las maquinarias a utilizar.

A partir de la cantidad de cerdos y pollos vendidos en la provincia de Los Ríos, se logró diseñar un proceso y una distribución de la planta capaces de satisfacer al menos el 10% de los animales presentes en el mercado, utilizando sacos de 20 kg de producto balanceado.

Partiendo de una inversión inicial mayor a 80 mil dólares, considerando los costos de los equipos, materiales, servicios y personal necesario para operar la línea durante los primeros 3 meses, se consigue una tasa de rentabilidad del 24%, recuperando la inversión al cabo de 3 años; por lo tanto, resulta económicamente factible llevar a cabo este proyecto.

4.2. Recomendaciones

- Utilizar un equipo acondicionador de inyección de vapor a la premezcla antes de formar los pellets, de esta manera se evita recurrir a métodos manuales que puedan alterar las características fisicoquímicas del producto.
- Caracterizar previamente las materias primas a utilizar, para conseguir valores más exactos de la composición química de cada ingrediente y disminuir el error al momento de formular.
- Se recomienda incorporar los microingredientes considerados en este tipo de productos, como núcleos o premezclas, para garantizar que el aporte final de proteína y aminoácidos cumpla con los requerimientos necesarios. Debido a la naturaleza de las materias primas convencionales, el contenido nutricional final puede verse afectado.
- Obtener una nueva fórmula de alimento balanceado para cerdos en etapa de engorde, considerando el contenido nutricional real de cada materia prima; ya que, con la formulación planteada, no fue factible conseguir un porcentaje de proteína que cumpla con los requerimientos nutricionales del animal.
- Analizar el perfil de aminoácidos que presente el producto final, ya que los aminoácidos limitantes son uno de los factores fundamentales para formular un alimento balanceado y dependerá del animal y su etapa de vida.
- Evaluar la conversión alimenticia y ganancia de peso en los animales, de tal manera que se confirme que el alimento balanceado contiene los nutrientes necesarios para un crecimiento óptimo en la etapa de engorde.
- Realizar un estudio de vida útil de los productos para definir el tiempo máximo de consumo de estos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrowaste. (2013). Alimentación animal: Elaboración de pellets.
- Albán, E., & Arias, Á. (2019). Diseño, construcción e implementación de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para el sector pecuario con capacidad de 100kg/h. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Alltech. (2016). Encuesta Global sobre Alimento Balanceado. Alltech.
- Alltech. (2019). Encuesta Global sobre Alimento Balanceado. Alltech.
- Aprobal. (2018). Ecuador no puede ser autosuficiente en soya. Aprobal.
- Arias, M. J., Barrera, B., & Rodriguez, J. (2010). Uso de diferentes niveles de harina de semilla de gandul (*Cajanus cajan*) como suplemento en la alimentación de pollos de engorde. San Vicente: Universidad de El Salvador.
- Baca, L. (2016). La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Bonilla, M. (2018). Estudio de factibilidad para la creación de una planta procesadora de fréjol gandul en el cantón Ventanas. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Bushan, K., Vijaya, R., & Sultana, R. (2010). Quality nutrition through pigeon pea. International Crops Research, 1335-1344.
- Campabadal, C. (2009). Guía técnica para alimentación de cerdos. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Campos, A., Salguero, S., Albino, L., & Rostagno, H. (2010). Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde: proteína ideal. Brasil.
- Campoverde, N., & Salazar, G. (2018). Estudio y plan de difusión del fréjol gandul (*Cajanus cajan*) y sus propuestas en aplicaciones culinarias. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Cárdenas, M. (2014). Utilización de mananoligosacárido en dietas para cerdos en la etapa de crecimiento en Uzhupud cantón Paute. Cuenca, Ecuador.
- Castillo, C., Narváez, W., & Hahn, C. (2016). Agromorfología y usos del *Cajanus cajan* L. Millsp. Boletín Científico del Centro de Museos, 54-59.
- Castillo, M. A. (2018). El cultivo de maíz ha sido constante los últimos años. Revista Líderes.

- Cedano, J. (2006). Guía Técnica Cultivo de Gandul. Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1980). Semilla y torta (harina) de soya en alimentación de cerdos. Colombia.
- Chachapoya, D. (2014). Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos. Quito.
- CIAT. (1980). Semilla y torta (harina) de soya en alimentación de cerdos. Colombia.
- Covalada, N. (2011). Evaluación de la influencia en la calidad de alimento para pollo de engorde utilizando acondicionamiento con aplicación de vapor en varios puntos. Barranquilla, Colombia.
- Cromwell, G. (2019). Nutritional requirements of pigs. MSD Veterinary Manual. Obtenido de Nutritional requirements of pigs.
- Díaz, F. (2019). Estudio de factibilidad de una empresa productora y comercializadora de alimentos balanceados para la nutrición animal. Bogotá, Colombia.
- Durhanthon, B. (2009). Optimizar la compra de materias primas: Formulación global como estrategia. Revista Avicultura Ecuatoriana, 12-14.
- FAO. (2002). Cultivos Andinos: valor nutritivo y patrones de consumo.
- Gal, B., López, M., Martín, A. I., & Prieto, J. (2007). Bases de la Fisiología. Segunda Edición. Madrid: Tébar Flores.
- García, W., & Rodríguez, J. (2005). Evaluación de tres niveles de harina de gandul (*Cajanus cajan*) como alternativas de proteínas en dietas en las fases de crecimiento y acabado de cerdos confinados. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Herrera, Y., & Ramírez, E. (2006). Evaluación de diferentes niveles (20,30 y 40%) de harina de semilla de gandul (*Cajanus cajan*) en la alimentación de ave criolla en la fase crecimiento-desarrollo. San Miguel: Universidad de El Salvador.
- INEC. (2010). III Censo Nacional Agropecuario. Ecuador.
- INEN. (1992). INEN 1829: Alimentos zootécnicos compuestos para pollos de engorde. Requisitos. Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria.
- INIAP. (2014). Maíz (*Zea Mays*). Obtenido de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizs>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2009). Soya.

- Instituto Nacional Tecnológico. (2016). Manual de Nutrición Animal. Managua: Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional.
- Magboul, Y. (1998). Effect of Pigeon Pea and Cow Pea of the performance and gut immunity of broiler chicks. Faculty of Veterinary Science, 7-8.
- Maya, S. (2016). Procesos de producción de alimentos balanceados. Caldas.
- Morales, A., & Vera, E. (2018). Diseño de una planta piloto para la elaboración de alimentos balanceados de pollos para la empresa Agrogruled S.A. Guayaquil, Ecuador.
- Morales, J., & Torrealba, M. (2011). Formulación de alimentos balanceados para pollos, bovinos de carne y porcinos, considerando diferentes etapas de crecimiento, utilizando materias primas alternativas. Venezuela.
- National Research Council [NRC]. (1994). Nutrients Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition. Washintong, DC: The National Academies Press.
- NB. (1992). NB 550:1992 Alimentos balanceados para porcinos. Requisitos.
- Nogueira, E., Kutschenko, M., Sá, L., Ishikawa, E., & Lima, L. (2012). Nutrición de aminoácidos para lechones: una visión de la industria. Brasil: Ajinomoto Animal Nutrition Ind.
- NRC. (2007). Mineral tolerances of domestic animals. Washington, DC: The National Academies Press.
- NRC. (2012). Nutritional Requirements of swine. Washington, DC: The National Academies Press.
- Núñez, M. A. (2009). Evaluación del comportamiento de cinco líneas de gandul (*Cajanus cajan* L. Mill sp.) en comunidades Tsimane, provincia Ballivian, Beni. *Acta Nova*, 4, 397-398.
- Onwuka, G. (2006). Soaking, boiling and antinutritional factors in Pigeon peas (*Cajanus cajan*) and cowpeas (*Vigna unguiculata*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 616-630.
- Orduña, H., Salinas, J., Montaña, M., Infante, F., Manríquez, O., Vázquez, M., & Yado, R. (2015). Efecto de la sustitución de grasa de fritura por aceite vegetal y concentración energética en dietas para la producción de pollos de engorde. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*, 10(2), 44 - 51.
- Peña, N., & Andrade, E. (2018). Análisis del sistema de comercialización de la producción de maíz para mejorar los ingresos de los pequeños productores del

- recinto Aguas Frías de Medellín, Cantón Ventanas, Provincia de Los Ríos. Observatorio de la Economía Latinoamericana, 4-5.
- Pro Ecuador. (2 de Mayo de 2018). Proecuador. Obtenido de Alimento para animales: <https://www.proecuador.gob.ec/alimentos-para-animales/>
- Ravindran, V. (2005). Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. FAO.
- Romero, L. (2015). Evaluación de dos fórmulas alimenticias con diferentes niveles de proteínas en pollos parrilleros. Cuenca, Ecuador: Universidad Salesiana de Cuenca.
- Salinas, G. (2017). Elaboración de alimento balanceado para perros utilizando pasta de palmiste. Quito, Ecuador.
- Saxena, K., & Kumar, R. (2002). Pigeonpea nutrition and its improvement. *Journal of Crop Production*, 227-229.
- Singh, U., & Eggum, B. (1984). Factors affecting the protein quality of pigeon pea (*Cajanus cajan* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 273-283.
- Talari, A., & Shak, D. (2018). Role of pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) in human nutrition and health. *Asian J. Dairy & Food*, 212-220.
- Trómpiz, J., Rincón, H., Fernández, N., González, G., A., H., & Colmenares, C. (2011). Parámetros productivos en pollos de engorde alimentados con grano de quinchoncho durante fase de crecimiento.
- USDA. (4 de Enero de 2019). Food Data Central. Obtenido de fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170288/nutrients
- Vanaclocha, A. C. (2005). *Diseño de Industrias Agroalimentaria*. México: Mundi-Prensa.
- Velásquez, M. (2007). Evaluación de dos niveles de harina de gandul (*Cajanus cajan*) como alternativa de proteína en dietas en la etapa de lactancia de cerdas nulíparas. Guayaquil.
- Zambrano, R., & Zambrano, J. (2014). Inclusión de harina de frejol de palo (*cajanus cajan* - I, millsp) en el alimento de pollos de engorde y su efecto en parametros productivos. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Evaluación comparativa de las principales marcas de balanceado en el cantón de Ventanas [Elaboración propia]

MARCA	ANIMAL	PROTEÍNA	GRASA	FIBRA	CENIZAS	HUMEDAD	INGREDIENTES
Nutril (20 y 40 kg)	Cerdo Engorde (112 – 154 días)	> 16%	> 3%	< 4%	< 8%	< 13%	Maíz, Pasta de Soya, Cookie Meal, Polvillo de arroz, Afrechillo de trigo, Pasta de palmiste, Aceite de Palma, Carbonato de Calcio, Fosfato Di-Cálcico, Cloruro de sodio, Bicarbonato de sodio, DL-Metionina, L-lisina, L-Tronina, L-triptófano; vitaminas A, D3, E, K, B1, B2, B6, B12 ácido nicotínico, ácido pantoténico, ácido fólico, biotina, oligoelementos: cobre, yodo, hierro, manganeso, zinc, selenio orgánico, cloruro de colina, promotor de crecimiento, antioxidantes, antimicótico, enzimas exógenas, absorbente de micotoxinas.
	Pollos Broiler Engorde (29 – 42 días)	> 18%	> 4%	< 4%	< 8%	< 13%	Maíz, Pasta de Soya, Hemoglobina, Harina de pescado, Coproducto de maíz, Coproducto de trigo, Polvillo de arroz, Aceite de Palma, Carbonato de Calcio, Fosfato Di-Cálcico, Cloruro de sodio, Bicarbonato de sodio, DL-Metionina, L-lisina, L-Tronina, L- triptofano; vitaminas A, D3, E, K, B1, B2, B6, B12 ácido nicotínico, ácido pantoténico, ácido fólico, biotina, oligoelementos, cloruro de colina, promotor de crecimiento, antioxidantes, antimicótico, enzimas exógenas, absorbente de micotoxinas, pigmentos naturales.

Molinos Champion (20 y 40 kg)	Cerdo Engorde Fase 2 (90 días – 75 kg/PV)	16 - 18%	2 - 10%	1 - 5%	-	8 - 13%	Maíz y subproductos, Trigo y subproductos, Arroz y subproductos, Pasta de soya, Aceite vegetal, Carbonato de calcio, Fosfato de calcio y sodio, Sulfato de lisina, DL Metionina, L Treonina, L Triptofano, Sal, Acidificante, Atrapante de micotoxinas, Proteasa, Xilanas, Fitasa, Promotor de crecimiento, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3, Vitamina B1, Vitamina B2, Vitamina B6, Vitamina B12, Niacina, Ácido D-pantoténico, Ácido Fólico, Biotina, Selenio orgánico, Carbonato de cobalto.
	Pollos Engorde (29 – 35 días)	18 - 21%	7 - 10%	< 4%	< 10%	< 13%	Maíz y subproductos, Trigo y subproductos, Arroz y subproductos, Pasta de soya, Aceite de palma, Fosfato monosódico, Carbonato de calcio, Sulfato de lisina, DL Metionina, DL Treonina, L Triptófano, Antifúngico, Atrapante de micotoxinas, Acidificante, Promotor de crecimiento, Fitasa, Proteasa, Amilasa, Xilanas, Coccidiostato, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K, Tiamina, Niacina, Riboflavina, Pantoténico, Vitamina B12 Ácido Fólico, Biotina, Piridoxina.
Pronaca (40 kg)	Cerdo Engorde 120 días – mercado	> 16%	> 3%	< 7%	< 7%	< 13%	-
	Pollos Engorde 3 (29 – 35 días)	> 18%	> 5%	< 5%	< 8%	< 13%	-

APÉNDICE B

Requisitos nutricionales y perfil de aminoácidos para cerdos en etapa de engorde de acuerdo con peso destinado (90% de materia seca) [NRC, 2012]

Requisitos	Unidad	De acuerdo con el peso	
		50 - 75 kg	75 – 100 kg
Energía	kcal/kg	3,300	3,300
Calcio	%	0.59	0.52
Fósforo total	%	0.52	0.47
Proteína	%	17.00	16.00
Arginina	%	0.44	0.38
Histidina	%	0.34	0.30
Isoleucina	%	0.52	0.45
Leucina	%	0.98	0.85
Lisina	%	0.97	0.84
Metionina	%	0.28	0.25
Metionina + cistina	%	0.57	0.50
Fenilalanina	%	0.59	0.51
Fenilalanina + tirosina	%	0.94	0.82
Treonina	%	0.64	0.56
Triptófano	%	0.17	0.15
Valina	%	0.65	0.57

APÉNDICE C

Requisitos nutricionales y perfil de aminoácidos para pollos en etapa de engorde de acuerdo con los días de vida (90% de materia seca) [NRC, 1994]

Requisitos	Unidad	Fase Engorde
		22 – 42 días
Energía	kcal/kg	3,200
Grasa	%	5.00
Fibra	%	5.00
Cenizas	%	7.00
Calcio	%	0.90
Fósforo total	%	0.70
Proteína	%	19.00
Arginina	%	1.00
Glicina + serina	%	0.97
Histidina	%	0.27
Isoleucina	%	0.62
Leucina	%	0.93
Lisina	%	0.85
Metionina	%	0.32
Metionina + cistina	%	0.60
Fenilalanina	%	0.56
Fenilalanina + tirosina	%	1.04
Prolina	%	0.46
Treonina	%	0.68
Triptófano	%	0.16
Valina	%	0.70

APÉNDICE D

Apéndice D.1 Requisitos bromatológicos de balanceado para cerdos de engorde*

[NB, 1992]

Requisitos	Unidad	Alimento para crecimiento	
		MÍN	MÁX
Humedad	%	-	13
Proteína cruda	%	16	-
Grasa	%	2	-
Fibra	%	-	8
Ceniza	%	-	8
Calcio	%	0.7	-
Fósforo	%	0.5	-

* Los valores especificados se expresan en el alimento tal como ofrecido.

Apéndice D.2 Requisitos bromatológicos de balanceado para pollos de engorde*

[INEN, 1992]

Requisitos	Unidad	Alimento finalizador	
		Mínimo	Máximo
Humedad	%	-	13
Proteína cruda	%	18	-
Fibra cruda	%	-	5
Grasa cruda	%	4	-
Cenizas	%	-	8
Calcio	%	0.8	1.0
Fósforo total	%	0.6	-

* Los valores especificados se expresan en el alimento tal como ofrecido.

APÉNDICE E

Composición de las principales materias primas con materia seca estandarizada sobre 1 gramo de producto [Elaboración propia]

Concepto	Maíz amarillo	Torta de soya	Gandul seco	Aceite de palma
Costos (\$)	0.00034	0.00043	0.00038	0.0007
Materia seca	90%			
Energía (kcal)	4.28	3.91	4.25	8.84
EM* para cerdo (kcal)	3.90	3.03	3.28	6.10
EM* para pollo (kcal)	3.83	2.25	3.40	6.44
Grasa	0.024	0.017	0.018	1.000
Carbohidratos	0.939	0.182	0.639	0.000
Fibra	0.087	0.085	0.090	0.000
Ceniza	0.014	0.065	0.042	0.000
Proteína	0.095	0.482	0.183	0.000
Metionina	0.0022	0.0069	0.0025	0.0000
Lisina	0.0030	0.0325	0.0161	0.0000
Treonina	0.0040	0.0204	0.0080	0.0000
Triptófano	0.0008	0.0073	0.0019	0.0000

*E.M.: Energía metabolizable.

APÉNDICE F

Resultado de aplicación de método de programación lineal para cerdos de engorde [Elaboración propia]

Variables de decisión	Maíz Amarillo	Torta de Soya	Gandul Seco	Aceite de Palma
Gramos necesarios	0.64394	0.09601	0.21005	0.01950
Costos de cada ingrediente	0.00034	0.00043	0.00037	0.00070
	0.00022	0.00004	0.00008	0.00001
Costo mínimo (\$/kg producto)	0.34			

Restricciones	Maíz Amarillo	Torta de Soya	Gandul Seco	Aceite de Palma			
Porcentaje	0.6439	0.0960	0.2101	0.0195	0.9695	=	0.9695
Kcal de energía sobre gramo de producto	2.5136	0.3317	0.6889	0.1190	3.6331	≥	3.3
Gramos de grasa sobre gramo de producto	0.0153	0.0018	0.0037	0.0195	0.0403	≥	0.02
Gramos de proteína sobre gramo de producto	0.0613	0.0507	0.0481	0.0000	0.1601	≥	0.16
Gramos de metionina sobre gramo de producto	0.0014	0.0007	0.0005	0.0000	0.0026	≥	0.0025
Gramos de lisina sobre gramo de producto	0.0019	0.0031	0.0034	0.0000	0.0084	≥	0.0084
Gramos de treonina sobre gramo de producto	0.0026	0.0020	0.0017	0.0000	0.0062	≥	0.0056
Gramos de triptófano sobre gramo de producto	0.0005	0.0007	0.0004	0.0000	0.0016	≥	0.0015
Cantidad mínima de maíz en la fórmula	0.6439	0	0	0	0.6439	>	0
Cantidad mínima de soya en la fórmula	0	0.0960	0	0	0.0960	>	0
Cantidad mínima de gandul en la fórmula	0	0	0.2101	0	0.2101	>	0.1
Cantidad máxima de maíz en la fórmula	0.6439	0	0	0	0.6439	<	0.65
Cantidad máxima de soya en la fórmula	0	0.0960	0	0	0.0960	<	0.3
Cantidad máxima de gandul en la fórmula	0	0	0.2101	0	0.2101	<	0.3
Gramos de aceite sobre gramo de producto	0	0	0	0.0195	0.0195	=	0.0195

APÉNDICE G

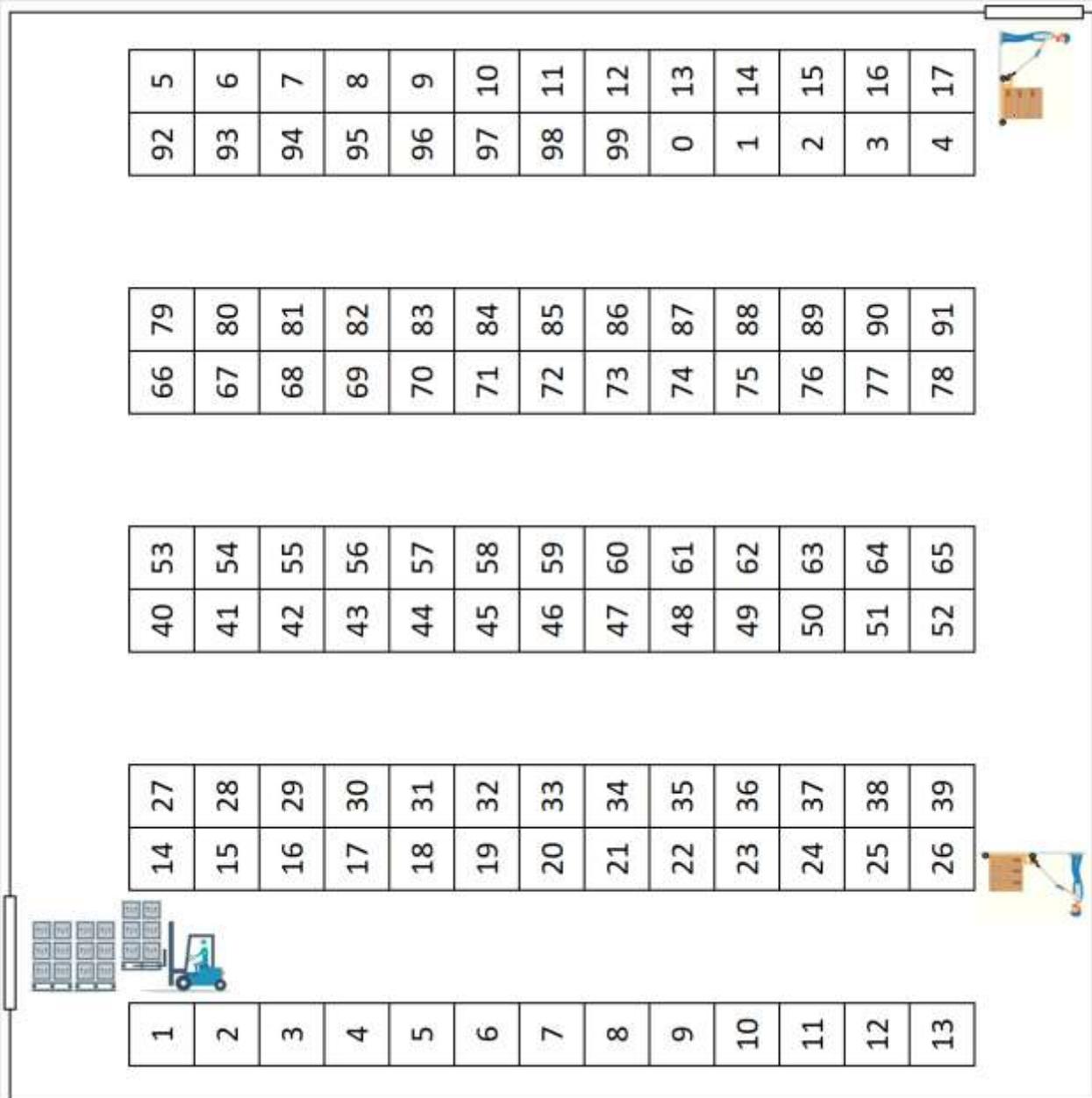
Resultado de aplicación de método de programación lineal para pollos de engorde [Elaboración propia]

Variables de decisión	Maíz Amarillo	Torta de Soya	Gandul Seco	Aceite de Palma
Gramos necesarios	0.61538	0.23462	0.10000	0.03500
Costos de cada ingrediente	0.00034	0.00043	0.00038	0.00070
	0.00021	0.00010	0.00004	0.00002
Costo mínimo (\$/kg producto)	0.37			

Restricciones	Maíz Amarillo	Torta de Soya	Gandul Seco	Aceite de Palma			
Porcentaje	0.6154	0.2346	0.1000	0.0350	0.9850	=	0.985
Kcal de energía sobre gramo de producto	2.3596	0.5996	0.3400	0.2255	3.5248	≥	3.200
Gramos de grasa sobre gramo de producto	0.0146	0.0043	0.0018	0.0350	0.0558	≥	0.050
Gramos de proteína sobre gramo de producto	0.0585	0.1238	0.0183	0.0000	0.2053	≥	0.190
Gramos de metionina sobre gramo de producto	0.0013	0.0016	0.0002	0.0000	0.0032	≥	0.0032
Gramos de lisina sobre gramo de producto	0.0018	0.0076	0.0016	0.0000	0.0110	≥	0.0085
Gramos de treonina sobre gramo de producto	0.0025	0.0048	0.0008	0.0000	0.0080	≥	0.0068
Gramos de triptófano sobre gramo de producto	0.0005	0.0017	0.0002	0.0000	0.0024	≥	0.0016
Cantidad mínima de maíz en la fórmula	0.6154	0	0	0	0.6154	>	0
Cantidad mínima de soya en la fórmula	0	0.2346	0	0	0.2346	>	0
Cantidad mínima de gandul en la fórmula	0	0	0.1000	0	0.1000	>	0.1
Cantidad máxima de maíz en la fórmula	0.6154	0	0	0	0.6154	<	0.65
Cantidad máxima de soya en la fórmula	0	0.2346	0	0	0.2346	<	0.3
Cantidad máxima de gandul en la fórmula	0	0	0.1000	0	0.1000	<	0.3
Gramos de aceite sobre gramo de producto	0	0	0	0.035	0.035	=	0.035

APÉNDICE H

Propuesta de bodega de producto terminado [Elaboración propia]



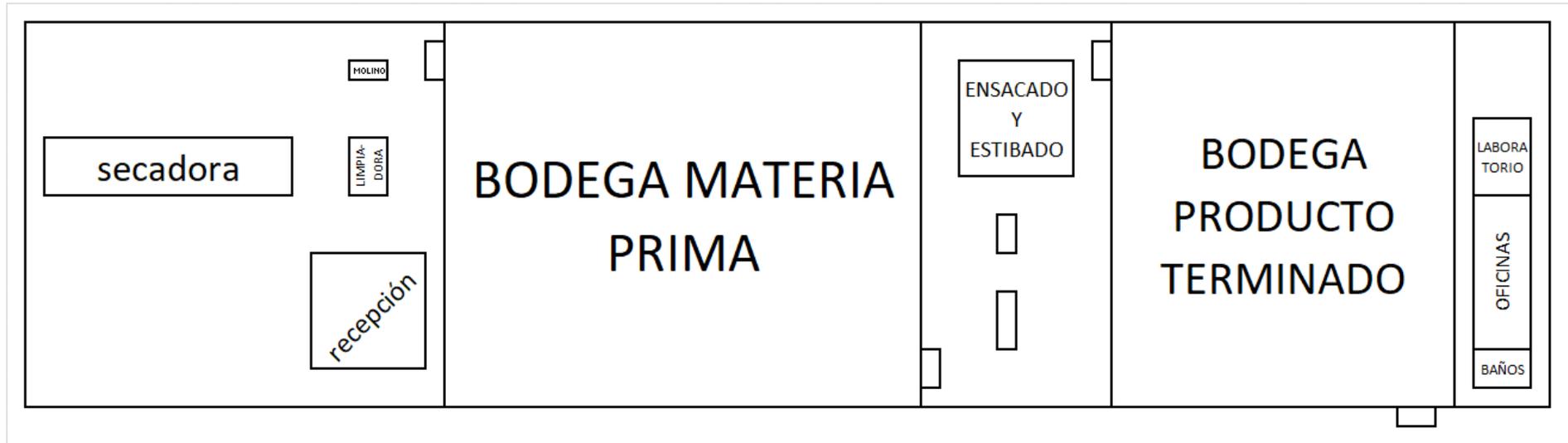
APÉNDICE I

Propuesta de bodega de materia prima [Elaboración propia]

1	21 41	61 81	1 21	41 61	81
2	22 42	62 82	2 22	42 62	82
3	23 43	63 83	3 23	43 63	83
4	24 44	64 84	4 24	44 64	84
5	25 45	65 85	5 25	45 65	85
6	26 46	66 86	6 26	46 66	86
7	27 47	67 87	7 27	47 67	87
8	28 48	68 88	8 28	48 68	88
9	29 49	69 89	9 29	49 69	89
10	30 50	70 90	10 30	50 70	90
11	31 51	71 91	11 31	51 71	91
12	32 52	72 92	12 32	52 72	92
13	33 53	73 93	13 33	53 73	93
14	34 54	74 94	14 34	54 74	94
15	35 55	75 95	15 35	55 75	95
16	36 56	76 96	16 36	56 76	96
17	37 57	77 97	17 37	57 77	97
18	38 58	78 98	18 38	58 78	98
19	39 59	79 99	19 39	59 79	99
20	40 60	80 ###	20 40	60 80	###

APÉNDICE J

Propuesta de diseño de planta para la elaboración de alimento balanceado [Elaboración propia]



APÉNDICE K

Costos de materia prima y material de empaque de balanceado para cerdos de engorde [Elaboración propia]

Materias Primas			
Concepto	Costo \$/kg	Cantidad (kg/saco)	Total (\$/saco)
Maíz	\$ 0.34	12.41	\$ 4.22
Soya	\$ 0.43	1.54	\$ 0.66
Gandul	\$ 0.38	5.05	\$ 1.92
Aceite	\$ 0.70	0.39	\$ 0.27
Aditivos y premezclas	\$ 2.27	0.61	\$ 0.13
		Total	\$ 7.21
		Total anual	\$ 77,384.85

Material de Empaque			
Concepto	Presentación	Costo unitario	Total (\$/saco)
Sacos de polipropileno	1 saco	\$ 0.20	\$ 0.20
Hilo para coser	580 m (100 sacos)	\$ 2.00	\$ 0.02
		Total	\$ 0.22
		Total anual	\$ 2,362.58

APÉNDICE L

Costos de materia prima y material de empaque de balanceado para pollos de engorde [Elaboración propia]

Materias Primas			
Concepto	Costo \$/kg	Cantidad (kg/saco)	Total (\$/saco)
Maíz	\$ 0.34	12.31	\$ 4.18
Soya	\$ 0.43	4.69	\$ 2.02
Gandul	\$ 0.38	2.00	\$ 0.76
Aceite	\$ 0.70	0.70	\$ 0.49
Aditivos y premezclas	\$ 2.75	0.30	\$ 0.83
		Total	\$ 8.28
		Total anual	\$ 3,162.26

Material de Empaque			
Concepto	Presentación	Costo unitario	Total (\$/saco)
Sacos de polipropileno	1 saco	\$ 0.20	\$ 0.20
Hilo para coser	580 m (100 sacos)	\$ 2.00	\$ 0.02
		Total	\$ 0.22
		Total anual	\$ 84.04

APÉNDICE M

Costos variables de producto balanceado [Elaboración propia]

Personal directo de producción			
Encargado	Número	Salario mensual	Total mensual
Supervisor	1	\$ 600.00	\$ 584.73
Operario	6	\$ 400.00	\$ 2,405.60
		Total	\$ 2,990.33
		Total anual	\$ 35,884.00

Personal indirecto de producción			
Encargado	Número	Salario mensual	Total mensual
Gerente	1	\$ 1,200.00	\$ 1,136.13
Mantenimiento	2	\$ 600.00	\$ 1,169.47
Limpieza	2	\$ 400.00	\$ 801.87
		Total	\$ 3,107.47
		Total anual	\$ 37,289.60

Maquinaria			
Encargado	Cantidad	Valor unitario	Total
Báscula de plataforma	3	\$ 48.00	\$ 144.00
Molino de martillo	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Balanza digital	1	\$ 60.00	\$ 60.00
Peletizadora	1	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00
Enfriadora de pellets	1	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00
Cosedora de sacos	1	\$ 112.00	\$ 112.00
Transportadores	4	\$ 200.00	\$ 800.00
Paleteras	4	\$ 423.36	\$ 1,693.44
		Total	\$ 14,109.44

Servicios básicos	
Tipo de servicio	Costo mensual
Agua	\$ 626.00
Energía eléctrica	\$ 96.00
Total	\$ 722.00
Total anual	\$ 8,664.00

APÉNDICE N

Costos fijos de producto balanceado [Elaboración propia]

Personal de no producción			
Encargado	Número	Salario mensual	Total mensual
Gerente General	1	\$ 1,200.00	\$ 1,136.13
Recursos Humanos	1	\$ 600.00	\$ 584.73
Secretaria	1	\$ 400.00	\$ 400.93
Ventas	1	\$ 400.00	\$ 400.93
		Total	\$ 2,522.73
		Total anual	\$ 30,272.80

Equipos auxiliares de producción			
Concepto	Cantidad	Valor unitario	Total
Caldero	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
Sistema contra incendios	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
		Total	\$ 13,000.00

Equipos de oficina, muebles, enseres y administración			
Concepto	Cantidad	Valor unitario	Total
Teléfono	1	\$ 40.00	\$ 40.00
Laptop	4	\$ 400.00	\$ 1,600.00
Escritorio con sillas	4	\$ 180.00	\$ 720.00
Archivador	4	\$ 80.00	\$ 320.00
Aire acondicionado	1	\$ 370.00	\$ 370.00
		Total	\$ 3,050.00

Suministros de oficina y muebles			
Concepto	Cantidad	Valor unitario	Total
Pallets	287	\$ 14.50	\$ 4,161.50
Artículos de papelería	150	\$ 0.05	\$ 7.50
Artículos de escritorio	50	\$ 0.30	\$ 15.00
Materiales de impresión	5	\$ 25.00	\$ 125.00
Productos de higiene	20	\$ 5.00	\$ 100.00
		Total	\$ 4,409.00

Servicios básicos de no producción	
Tipo de servicio	Costo mensual
Agua	\$ 313.00
Energía eléctrica	\$ 18.00
Internet	\$ 165.00
Teléfono	\$ 24.00
Total	\$ 520.00
Total anual	\$ 6,240.00

APÉNDICE O

Flujo de caja durante 5 años [Elaboración propia]

FLUJO DE CAJA						
Unidades vendidas cerdos		10,739	11,813	12,994	14,294	15,723
PVP cerdos		\$ 20.00	\$ 20.00	\$ 20.00	\$ 20.00	\$ 20.00
Unidades vendidas pollos		382	420	462	508	559
PVP pollos		\$ 24.00	\$ 24.00	\$ 24.00	\$ 24.00	\$ 24.00
Total unidades vendidas		11,121	12,233	13,456	14,802	16,282
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos cerdos		\$ 214,780.00	\$ 236,258.00	\$ 259,883.80	\$ 258,872.18	\$ 314,459.40
Ingresos pollos		\$ 9,168.00	\$ 10,084.80	\$ 11,093.28	\$ 12,202.61	\$ 13,422.87
Costos variables cerdos (-)		\$ 157,661.53	\$ 173,427.68	\$ 190,770.45	\$ 209,847.49	\$ 230,832.24
Costos variables pollos (-)		\$ 6,017.81	\$ 6,619.59	\$ 7,281.55	\$ 8,009.70	\$ 8,810.67
Costos personal admin (-)		\$ 30,272.80	\$ 30,272.80	\$ 30,272.80	\$ 30,272.80	\$ 30,272.80
Costos servicios admin (-)		\$ 6,240.00	\$ 6,240.00	\$ 6,240.00	\$ 6,240.00	\$ 6,240.00
Costos equipos y herramientas (-)		\$ 4,409.00	\$ 4,409.00	\$ 4,409.00	\$ 4,409.00	\$ 4,409.00
Gastos generales (-)		\$ 4,200.00	\$ 4,200.00	\$ 4,200.00	\$ 4,200.00	\$ 4,200.00
Gastos financieros (-)		\$ 1,672.19	\$ 1,390.15	\$ 1,084.05	\$ 751.84	\$ 391.30
Depreciación (-)		\$ 2,674.94	\$ 2,674.94	\$ 2,674.94	\$ 2,674.94	\$ 2,674.94
Utilidad antes de imp		\$ 10,799.73	\$ 17,108.64	\$ 24,044.29	\$ 31,669.00	\$ 40,051.31
Impuestos (-)		\$ 2,699.93	\$ 4,277.16	\$ 6,011.07	\$ 7,917.25	\$ 10,012.83
Utilidad después de imp		\$ 8,099.80	\$ 12,831.48	\$ 18,033.22	\$ 23,751.75	\$ 30,038.48
Depreciación		\$ 2,674.94	\$ 2,674.94	\$ 2,674.94	\$ 2,674.94	\$ 2,674.94
Capital (-)		\$ 3,306.44	\$ 3,588.48	\$ 3,894.58	\$ 4,226.79	\$ 4,587.34

Ingreso neto por venta AF							\$ 12,349.72
Inversión	\$ -30,159.44						
Préstamo	\$ 19,603.64						
Capital de trabajo	\$ -52,200.28						\$ 52,200.28
FNE	\$ -62,756.09	\$ 7,468.30	\$ 11,917.94	\$ 16,813.58	\$ 22,199.91	\$ 92,676.09	
Va	\$ -62,756.09	\$ 6,740.68	\$ 9,708.78	\$ 12,362.48	\$ 14,732.56	\$ 55,510.70	
VNA	\$ 36,299.11						
TIR	24.43%						