



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

ESCUELA DE POSGRADO

LAS RESTRICCIONES DE RECURSOS UTILIZADOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO PARA LOGRAR LA OPTIMIZACIÓN OPERATIVA DE UNA EMPRESA AVÍCOLA CAJAMARQUINA, Año 2017

Tesis para optar el grado **MAESTRO** en:

Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento

Autor:

Bachiller. Ortega Mestanza, Ricardo Fernando

Asesora:

Doctora. Obando Peralta, Ena Cecilia

Cajamarca – Perú

2017

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue identificar y determinar recursos y restricciones que utiliza una empresa avícola en la ciudad de Cajamarca con el fin de que la empresa maneje de manera más eficiente estas restricciones y optimizar la operatividad de su proceso productivo para toma de decisiones dentro de un mercado competitivo, que le exige abastecer a sus clientes de manera rápida, adecuada y calidad de servicio. La hipótesis que se planteo es ver si las restricciones de los recursos utilizados en el proceso productivo permiten lograr la optimización operativa de una empresa avícola en Cajamarca. La cual se analiza mediante la obtención de los resultados según el modelo matemático que fue diseñado según la realidad de la empresa en su proceso productivo de aves de postura.

La metodología que se utilizo fue una investigación aplicada que por su nivel de profundidad del conocimiento se decide en un estudio correlacional o causal con contrastación de la hipótesis no experimental – descriptiva - transversal. Se aplicó la entrevista como fuente primaria para obtener información, luego la observación directa para poder identificar los recursos que participan en el proceso productivo de aves de postura y finalmente se realizó un análisis de datos para poder realizar el modelamiento matemático.

Tras el estudio realizado se concluyó que esta investigación permite determinar las restricciones y recursos que la empresa avícola tiene a disposición para la producción de aves de postura en donde los indicadores económicos son favorables obteniendo un VAN de 13 408 571. 50 soles proyectados a 5 años, un TIR de 153% y un IR de 5.84 soles bajo la propuesta diseñada en un modelo matemático para optimizar la parte operativa del proceso productivo de la avícola.

ABSTRACT

The objective of this study was to identify and determine resources and restrictions used by a poultry company in the city of Cajamarca in order for the company to manage these restrictions more efficiently and to optimize the operation of its productive process for decision making within A competitive market, which requires it to supply its customers in a fast, adequate and quality service. The hypothesis is to see if the restrictions of the resources used in the productive process allow to achieve the operational optimization of a poultry company in Cajamarca. This is analyzed by obtaining the results according to the mathematical model that was designed according to the reality of the company in its productive process of laying birds.

The applied methodology was an applied research that by its level of depth of knowledge is decided in a correlational or causal study with contrasting of the non - experimental - descriptive - transversal hypothesis. The interview was applied as a primary source to obtain information, then the direct observation to identify the resources involved in the productive process of laying birds and finally a data analysis was performed to be able to perform the mathematical modeling.

After the study concluded that this research allows to determine the restrictions and resources that the poultry company has available for the production of laying birds where the economic indicators are favorable obtaining a NPV of 13 408 571. 50 soles projected to 5 years, A TIR of 153% and an IR of 5.84 soles under the proposal designed in a mathematical model to optimize the operational part of the production process of the poultry.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Esta investigación la dedico a Dios, a mi familia, mi esposa Marisol Ascurra y mis hijos Mariano Fabrizio y Rolando Joaquín, que día a día me impulsan para salir adelante y ser mejor persona.

Agradezco a todas aquellas personas que colaboraron y brindaron la información para poder realizar esta investigación, a mi asesora Ena Obando por brindar su experiencia y conocimiento en el desarrollo de la tesis.

INDICE DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
I.1	Realidad problemática	1
I.2	Pregunta de investigación	3
I.3	Objetivos de la investigación	3
I.3.1	Objetivo General	3
I.3.2	Objetivos Específicos	3
I.4	Justificación de la investigación.....	4
I.5	Alcance de la investigación.....	4
II.	MARCO TEÓRICO.....	5
II.1	Antecedentes	5
II.2	Bases Teóricas.....	7
II.2.1	Modelos de Investigación de Operaciones	7
II.2.2	Modelos prescriptivos o de optimización.....	7
II.2.3	Modelo Matemático	8
II.2.4	Clasificación de los modelos.....	8
II.2.5	Ventajas y desventajas del empleo de modelos matemáticos.....	10
II.2.6	Programación lineal.....	10
II.2.7	Función objetivo	11
II.2.8	Variables de decisión	12
II.2.9	Restricciones.....	12
II.2.10	Optimización.....	14
II.2.11	Problemas de optimización.....	14
II.2.12	Análisis de sensibilidad.....	15
II.2.13	Precio Dual (Dual Price).....	17
II.2.14	Esquema General de la Producción Avícola	19
II.2.15	Sistema Intensivo o Confinamiento.....	20
II.3	Defición de Términos Básicos.....	22
III.	HIPÓTESIS	23

III.1 Declaración de hipótesis.....	23
III.2 Operacionalización de variables.....	24
III.3 Propuesta de Solución.....	26
III.3.1 Plan de Acción.....	28
IV. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS Y ANÁLISIS.....	30
IV.1 Diseño de investigación.....	30
IV.2 Unidad de análisis.....	30
IV.3 Población.....	30
IV.4 Muestra.....	30
IV.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
IV.5.1 Entrevista.....	31
IV.5.2 Observación directa.....	32
IV.5.3 Análisis de datos.....	33
IV.6 Métodos y procedimientos de análisis de datos.....	33
IV.6.1 Cálculos y modelamiento matemático.....	33
IV.6.2 Programas.....	34
V. RESULTADOS.....	335
V.1 Objetivo Específico 1.....	35
V.1.1 Identificar las variables de decisión.....	35
V.1.2 Identificar las Restricciones.....	35
V.2 Objetivo Específico 2.....	40
V.3 Objetivo Específico 3.....	42
V.3.1 Análisis de Sensibilidad.....	50
V.3.2 Evaluación de Ingresos - Costos.....	54
V.3.2.1 Inversión de Activos Tangibles e Intangibles.....	54
V.3.2.2 Gastos Operativos.....	56
V.3.2.3 Gastos de Personal.....	56

V.3.2.4 Costos Proyectados.....	57
V.3.2.5 Ingresos Proyectados.....	59
V.3.2.6 Ingresos - Egresoss.....	59
V.3.3 Flujo de Caja.....	60
VI. DISCUSIÓN.....	62
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de construcción del modelo.....	8
Figura 2 Teoría de la Dualidad.....	18
Figura 3 Propuesta de Solución.....	26
Figura 4 Galpón de Levante.....	36
Figura 5 Alimento Disponible.....	37
Figura 6 Galpón de Producción.....	38
Figura 7 Resultados del Modelo Matemático.....	40
Figura 8 Aves de Postura.....	47
Figura 9 Acopio de huevos de Aves de Postura.....	48
Figura 10 Resultados para el Dual Price.....	50
Figura 11 Análisis de Sensibilidad.....	50
Figura 12 Flujo de Caja Proyectado.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas y desventajas de los modelos matemáticos	10
Tabla 2 Tabla de Operacionalización de variables.....	24
Tabla 3 Tabla de Operacionalización de variables.....	25
Tabla 4 Plan de Acción	28
Tabla 5 Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.....	30
Tabla 6 Especificación de las técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
Tabla 7 Tiempo de producción de Aves	35
Tabla 8 Cantidad de Alimento por ave	36
Tabla 9 Nivel de mortalidad de aves.....	37
Tabla 10 Costo de Producción por Ave.....	38
Tabla 11 Producción de Huevos.....	46
Tabla 12 Kilogramos de Ave	47
Tabla 13 Producción de Gallinaza de Ave	48
Tabla 14 Ingreso Total	49
Tabla 15 Producción de Huevos.....	53
Tabla 16 Kilogramos de Ave	53
Tabla 17 Producción de Gallinaza de Ave	54
Tabla 18 Ingreso Total	54
Tabla 19 Inversión de Activos Tangibles e Intangibles	55
Tabla 20 Gastos Operativos de la Propuesta.....	56
Tabla 21 Gastos de Personal.....	56
Tabla 22 Costos Proyectados	57
Tabla 23 Ingresos Proyectados	59
Tabla 24 Margen de Ganancia	59
Tabla 25 Flujo de Caja Proyectado.....	60
Tabla 26 Indicadores Económicos	61

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Realidad problemática

A inicios de la década de 1950 se introdujo el uso de la investigación de operaciones en la industria, los negocios y el gobierno; desarrollándose con mucha rapidez aplicando modelamientos que emplean el método científico en la administración de una empresa. (Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford, 2000) Nos dicen que la ciencia consiste en un proceso mediante el cual se utilizan observaciones y se llevan a cabo ensayos para establecer principios y después aplicar esos principios para responder preguntas. En gran parte, los negocios se basan en esa misma aproximación.

Las empresas conforme van creciendo se les dificultan manejar sus recursos necesarios para sus operaciones, las cuales se deben administrar de la mejor manera posible para alcanzar su eficiencia y buscar su beneficio a la hora de tomar decisiones adecuadas que contribuyan a la maximización de sus ganancias o la minimización de sus costos operativos.

Como punto de partida las organizaciones pueden apoyarse en la investigación de operaciones cuyo objetivo es decidir mediante métodos científicos el diseño que optimiza el funcionamiento de una realidad (proceso analizado), generalmente bajo condiciones que implican la utilización de recursos escasos, las cuales se ven como restricciones.

Según (Winston, 2005) las “restricciones son los posibles valores de las variables de decisión. Estas restricciones se muestran en forma matemática”. (Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford, 2000) Consideran que “la restricción es una limitación al intervalo de decisiones permisibles. Puede haber muchos tipos de restricciones”.

Entre las áreas de aplicación se puede ver la optimización de la producción, juego de negocios, telecomunicaciones, programas de salud, planeación estratégica, sistemas de transporte, análisis de estados financieros entre otros. Lo que se busca con este trabajo de investigación es enfocarnos en la optimización de la producción dentro de una empresa avícola.

La optimización será aquella que produzca el mejor valor (maximizando o minimizando) de la función objetivo, sujeta a las restricciones. Para (Winston, 2005) menciona que

“después de hacer que **Z** represente el valor de la función objetivo, el modelo completo de optimización se escribe. (*Modelo matemático*). Se dice que cualquier especificación de las variables de decisión que cumple con todas las restricciones del modelo se encuentra en la región factible”.

Al hablar de la producción avícola en América, en un artículo encontrado y presentado por el analista Terry Evans (2015) en su resumen de las tendencias de producción de carne de aves en la región sostiene que:

La producción de carne de pollo en el mundo durante el 2015 (aves de mesa más gallinas ponedoras de descarte) parece excederá 97 millones de toneladas, subiendo un escalón de 2.0 por ciento respecto al año anterior. En términos generales, la carne de aves representa alrededor de 88 por ciento de la producción total de carne avícola. Las previsiones para 2023 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) señalan que la producción de carne de aves crecerá 2.3 por ciento, a lo que la producción incremente de 107 millones de toneladas en 2013 a alrededor 134.5 millones de toneladas en 2023, que para ese entonces la producción de aves será de unas 118 millones de toneladas. (Web: Sitio Avícola)

En el boletín estadístico mensual de la Producción y Comercialización Avícola presentado por el Ministerio de Agricultura y Riego concluye que “En enero, la producción de ave fue de 144 mil toneladas, incrementándose en 4,1% con relación a lo obtenido en similar mes del año 2015. Este incremento estuvo impulsado principalmente por la producción de pollo (2,5%) y pavo (95,0%)” (MINAGRI, 2016, p. 08)

Para poder manejar toda esta producción es necesario utilizar los recursos disponibles con que cuentan este tipo de empresas de manera adecuada y eficiente posible.

En este contexto en la ciudad de Cajamarca existen empresas avícolas que se encargan de distribuir carne de aves a diferentes lugares de la ciudad. Estas empresas manejan recursos que son limitados y se muestran como restricciones y tienen dificultad en su mayoría para manejar estos recursos de la mejor manera posible.

La empresa avícola que es el estudio de esta investigación es cajamarquina que actualmente maneja sus recursos para obtener ingresos esperados la cual estos ingresos lo obtienen por la venta de huevos, aves de postura y gallinaza como abono

orgánico. Estas cumplen una etapa de Levante de 17 semanas y de producción con un tiempo de 43 semanas.

En la etapa de Levante cuenta con un Galpón con 7000 aves, las cuales son alimentadas a través de 216 comederos con capacidad para 32 aves cada una. Luego en la etapa de Producción se cuenta con un primer Galpón para 12 500 aves y el segundo Galpón para 14 000 aves. Desde sus inicios hasta la actualidad esta empresa avícola ha ido acrecentando sus recursos ya que este mercado todavía está en crecimiento en nuestra localidad y como lo demuestran las estadísticas anteriormente mencionadas líneas arriba. Este crecimiento obliga a que la empresa maneje de manera más eficiente sus restricciones y recursos que son limitados por lo que no ha contemplado el desarrollo de alguna herramienta que le permita optimizar el manejo de sus recursos y restricciones para tomar decisiones dentro de este mercado competitivo, que le exige abastecer a sus clientes de manera rápida, adecuada y calidad de servicio.

Una alternativa de solución es diseñar un programa adecuado para manejar estas restricciones. Se desea optimizar su producción mediante la elaboración de un modelo matemático de Programación lineal que permita encontrar el mejor beneficio en cuanto al área de producción de aves. Aprovechando el capital de trabajo y recursos disponibles que se tiene, según demanda y poder abstraer el modelo según su realidad.

I.2 Pregunta de investigación

¿Cuáles son las restricciones de los recursos utilizados en el proceso productivo para lograr la optimización operativa de una empresa avícola Cajamarquina, Año 2017?

I.3 Objetivos de la investigación

I.3.1 Objetivo General

- Determinar cuáles son las restricciones de los recursos utilizados en el proceso productivo para lograr su optimización operativa de una empresa avícola Cajamarquina.

I.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las restricciones de los recursos utilizados en una empresa avícola cajamarquina 2017.

- Diseñar el modelo matemático para encontrar la función objetivo sujeto a las restricciones que se tiene.
- Encontrar el nivel de optimización operativa que presenta la empresa avícola cajamarquina en el año 2017.

I.4 Justificación de la investigación

La presente investigación encuentra su justificación teórica en que ayudará a ampliar la teoría del manejo de restricciones que son limitadas dentro de una empresa avícola, buscando su uso de la mejor manera posible. Permite abstraer una realidad para representar matemáticamente la producción de aves de postura en su etapa de Levante y Producción, a la par permite una ventaja al conocer métodos y herramientas de aplicación como la Programación Lineal para optimizar resultados desde el punto de vista de la investigación de operaciones.

Este estudio encuentra su investigación práctica en que ayudará a la empresa a manejar las restricciones de manera eficiente buscando la mejor opción mediante un análisis de sensibilidad para toma de decisiones dentro de este tipo de negocio. Permitiendo encontrar la mejor opción en cuanto a la producción de aves de postura con miras a incrementar su producción de acuerdo a la demanda local que se tiene.

I.5 Alcance de la investigación

El alcance del presente trabajo determina ciertas restricciones que se manejan en una empresa avícola, identificando el proceso productivo de aves de postura y abstraer esta realidad en un modelo matemático para posteriormente encontrar la mejor opción a través de los resultados que se presentan del modelo y mediante análisis de sensibilidad poder tomar decisiones y elegir lo mejor.

El modelamiento puede ser útil para posteriores escenarios que puedan presentarse solo en una empresa avícola cajamarquina, que bajo estas condiciones se pueda realizar otros modelos utilizando metodologías y herramientas que proporciona la investigación de operaciones.

II. MARCO TEÓRICO

II.1 Antecedentes

Según (Márquez, 2015) en su tesis: "Sistema productivo avícola, caso de estudio: "Granjeros Guaycura A.C."

Este documento contiene el desarrollo de un sistema productivo avícola para la asociación de granjeros "Guaycura". Se presenta un sistema de explotación avícola de engorda como una propuesta accesible para poder establecerse en los terrenos poseídos de esta asociación tomando en cuenta las características y los recursos disponibles. La granja es planeada como tal en relación a diferentes modelos administrativos referentes al diseño, al análisis y al control de un sistema de producción.

En cuanto a la parte metodológica a través de la investigación se recabaron datos, obtenidos por medio de observación y entrevistas a personas dentro y fuera de la asociación, con esta información y su análisis se generaron amplias líneas de acción para el curso del proyecto. Las medidas limitantes para el trabajo también fueron derivadas durante el transcurso de la investigación, todo esto dando como resultado el tipo de sistema que había que diseñar.

Este documento presenta la información del mercado de productores regional; así como la propuesta del sistema de producción avícola.

La relación que encontramos de este antecedente con la presente investigación es que se menciona y se tiene en cuenta las características y los recursos disponibles que se tiene en este tipo de negocio así como la aplicación de modelos que permiten el análisis de un sistema productivo.

Según (Aldás, 2012) en su tesis: "Modelo de Optimización para la planeación de la producción en una compañía productora de pavos comerciales. El Caso de una empresa de la ciudad de QUITO."

El objetivo principal del presente estudio es elaborar un modelo de planificación que integra a cada uno de los eslabones de la cadena de producción de pavo. Hay tres hitos importantes a tomar en cuenta en la cadena de valor de producción de pavos: el ingreso de pavo bb a las granjas, el pedido de pavo bb a proveedores y finalmente el faenamiento.

El plan de ingreso semanal de pavo bb a granjas de engorde optimiza el uso de las capacidades de las granjas y respeta un determinado número de días de descanso entre ingresos a una misma granja, cumple con la demanda establecida por la compañía, considera la tasa de mortalidad de los pavos durante todo el proceso de crianza y, lo más importante, minimiza el costo de ingreso de los pavos bb a las granjas de engorde.

Esta tesis dice que el plan de faena busca minimizar el costo considerando la demanda de pavo, el sexo, la edad de faena, categoría de peso y capacidad de faena de la planta faenadora.

Con la implementación del nuevo modelo de planificación, las mejoras planteadas se traducen en un incremento en la utilidad operativa del negocio en USD 131 mil anuales. En el caso de kilogramos producidos el modelo propone un incremento de 223 TON al año. Es evidente que la programación matemática es una herramienta que brinda ayuda al momento de tomar decisiones importantes respecto al giro del negocio.

La relación que guarda este antecedente con la investigación realizada tiene que ver con la optimización de la producción cuyo modelamiento permite encontrar mejoras que buscan un beneficio en los ingresos así como la toma de decisiones que serán importantes para la operatividad de una empresa.

Según (Montero, 2011) en su tesis: "Optimización de la Cadena de Producción de Pollo utilizando Programación Matemática"

La producción industrial de pollo de engorde ha evolucionado de tal manera que la eficiencia en los resultados productivos ha elevado la competitividad, siendo hoy en día un factor crucial para la sobrevivencia de los productores. La diferencia se irá marcando entre las empresas que analicen cada eslabón de la cadena de valor, optimizando sus procesos y maximizando la utilización de los recursos.

En la actualidad la programación matemática es muy utilizada en la industria avícola, sobretodo en empresas multinacionales de gran tamaño, siempre buscando mejorar las técnicas de producción en las diferentes áreas y procurando encontrar nuevas maneras de resolver los problemas. En este trabajo se presenta un nuevo modelo de optimización, basado en la programación entera mixta que logra determinar un plan de producción de pollos que maximiza la utilización de las capacidades de los distintos centros de producción.

Nos dice que el objetivo principal es obtener un plan de producción óptimo que garantice el cumplimiento del presupuesto de ventas, respetando los días de vacío sanitario, secuencia de ingreso a granjas y edades de faenamiento.

Este antecedente guarda relación con esta investigación porque habla de la industria avícola buscando la optimización de sus recursos. Así también habla de un modelo de programación Entera Mixta que busca determinar un plan de producción, al igual que lo que se quiere realizar aquí al diseñar un modelo matemático de optimización.

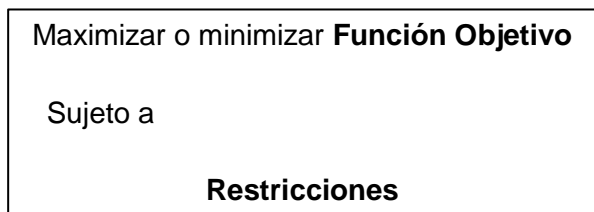
II.2 Bases Teóricas

II.2.1 Modelos de Investigación de Operaciones

Taha (2012) nos dice que “los modelos de la IO están diseñados para “optimizar” un criterio objetivo específico sujeto a un conjunto de restricciones, la calidad de la solución resultante depende de la exactitud con que el modelo representa el sistema real”.

En la presente investigación se aplica un modelo matemático que busca optimizar un criterio objetivo en una empresa avícola.

Si el modelo es una representación razonablemente buena del sistema real, entonces su solución también es óptima para la situación real. Una solución del modelo es factible si satisface todas las restricciones; es óptima si, además de ser factible, produce el mejor valor (máximo o mínimo) de la función objetivo. (Taha, 2012, p. 03)



II.2.2 Modelos prescriptivos o de optimización

Para (Winston, 2005) un modelo de este tipo “dicta” el comportamiento para una organización que le permita a ésta alcanzar mejor su(s) meta(s). Entre los elementos de un modelo prescriptivo están:

- Función(es) objetivo.
- Variables de decisión.
- Restricciones.

En pocas palabras, un modelo de optimización trata de encontrar valores, entre el conjunto de todos los valores para las variables de decisión, que optimicen

(maximicen o minimicen) una función objetivo que satisfaga las restricciones dadas.

Estas restricciones son las que queremos identificar y determinar en el proceso productivo de una empresa avícola de nuestra localidad.

II.2.3 Modelo matemático

(Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011) nos dicen que un **modelo** se define como una representación simplificada o idealizada de una parte de la realidad; o, según el *Diccionario de la lengua española* es: [...]un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento[...].⁴ Los modelos, que se definen como una función objetivo y restricciones que se expresan en términos de las variables alternativas de decisión del problema (véase Figura 1), deben contener los siguientes tres elementos:

1. Alternativas de decisión, de las cuales se hace una selección.
2. Restricciones, para excluir alternativas no factibles.
3. Criterios para evaluar y clasificar las alternativas factibles.

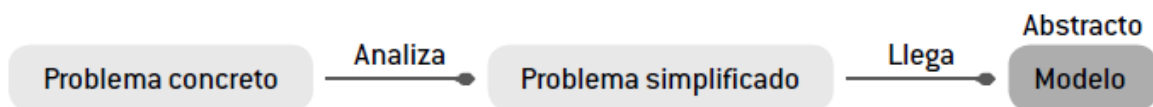


Figura 1 Proceso de construcción del modelo

Fuente: *Libro de Investigación de operaciones de* (Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011) (p. 3)

5. “Al resolver el problema simplificado o modelo, se obtiene una solución, la cual puede tomarse del problema original o modificar nuestro modelo hasta que nos arroje los resultados deseados”. (Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011)

En el estudio lo que se va a realizar es analizar una problemática y abstraer esa realidad para representarlo en un modelo, este modelo es matemático.

II.2.4 Clasificación de los modelos

(Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011) Nos dicen: Los modelos pueden clasificarse según el siguiente criterio:

- Modelos mentales.
- Modelos a escala.
- Modelos matemáticos.

Los **modelos matemáticos** son aquellos que se construyen mediante símbolos matemáticos que sirven para representar los diferentes comportamientos del problema. No todos son complejos; por ejemplo, podemos elaborar un modelo matemático simple para determinar el ingreso por comisión que recibe **Z** promotores de ventas que obtienen \$200 por cada operación que efectúen.

Para crear este modelo, debe establecerse una relación función entre el número de ventas y el ingreso total del promotor.

Sea **x** = número de ventas que realiza cada promotor

y = ingreso total del promotor

Ello genera una función relación ventas-ingreso:

$$y = 200x$$

Donde, si el promotor llevara a cabo 3 ventas ($x = 3$), su ingreso total (y) sería de Ingreso total del promotor = $200 (3) = \$600$

Estos símbolos matemáticos son las variables de decisión que participaran en el modelamiento, al analizar el proceso productivo de una empresa avícola en la ciudad de Cajamarca.

(Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011) Informan que entre los modelos matemáticos se clasifican en tres tipos generales: **1. Modelo descriptivo:** Es el que representa la realidad mediante una relación funcional; sin embargo, este tipo no indica ninguna evolución durante el transcurso del tiempo ni los cursos de acción que se deben seguir. Por ejemplo, un organigrama es un modelo descriptivo. **2. Modelo predictivo:** Tiene mayor alcance que el modelo anterior, pues, además de describir la realidad, señala cuál será la situación futura; por ejemplo, una función exponencial nos puede indicar cuál será la población en México en el año 2015. **3. Modelo normativo (decisión, prescriptivo):** Además de ser descriptivo y predictivo nos induce a elegir un curso de acción para obtener un objetivo establecido, es decir, señala el curso de acción que debe seguirse para lograr un objetivo definido (este tipo de modelos también se denomina de optimización).

Para esta investigación, entre las clasificaciones de modelos matemáticos presentados anteriormente; se selecciona el modelo normativo; ya que este tipo de modelo permite

encontrar la optimización para lo que se quiere analizar en el proceso productivo de la avícola.

II.2.5 Ventajas y desventajas del empleo de modelos matemáticos

A la hora de utilizar los modelos matemáticos para poder representar su comportamiento dentro de una situación especial o particular, podemos ver algunas ventajas y desventajas que nos muestra la tabla 1.

Tabla 1 Ventajas y desventajas de los modelos matemáticos

Ventajas	Desventajas
Permiten apreciar cuáles son las variables importantes del problema y cómo se relacionan entre sí	Pueden llevar a simplificaciones exageradas o excesivas si se pretende que el modelo se aplique a situaciones muy diversas, lo que puede provocar la omisión de variables que puedan ser importantes.
Ayudan a operacionalizar las variables con base en ciertos patrones o indicaciones.	Su implementación puede ser demasiado costosa o compleja.
Suministran una base cuantitativa para la toma de decisiones.	

Fuente: Libro de Investigación de operaciones de (Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011) (p. 4)

II.2.6 Programación lineal

(Winston, 2005) Menciona que la programación lineal (PL) es una herramienta para resolver problemas de optimización. En 1947, George Dantzig desarrolló un método efectivo, el algoritmo simplex, para resolver problemas de programación lineal (también conocido como PL). Desde que surgió dicho algoritmo, la PL se utiliza para resolver problemas de optimización en industrias diversas, como los bancos, la educación, silvicultura, petróleo y transporte de carga. (p. 49)

Para esta investigación no se usa el método simplex pero se tiene en cuenta la programación lineal en el diseño del modelo matemático que es sometido a un software de PL (LINDO)

En la introducción a la programación lineal (Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford, 2000) mencionan que los modelos de optimización restringida son importantes porque captan la esencia de muchas situaciones de administración decisivas. Un modelo de optimización restringida toma la forma de una medida de desempeño que se optimizará a través de una gama de valores factibles de las variables de decisión.

Dichos valores se determinan mediante un conjunto de restricciones de desigualdad. Es decir, que debemos escoger los valores de las variables de decisión de tal manera que se satisfagan las restricciones de desigualdad, mientras se consigue que la medida de desempeño sea tan grande (modelo de maximización) o tan pequeña (modelo de minimización) como sea posible. (p. 67)

Con esto se desea hacer proyecciones del tipo ¿qué pasa sí? Para poder hacer análisis de sensibilidad y encontrar los posibles valores de la función objetivo (FO) para ver que es mejor y encontrar las decisiones óptimas.

II.2.7 Función objetivo

En una función por ejemplo podemos maximizar el rendimiento del proceso haciendo uso de variables donde se da una simbología para encontrar el mejor valor posible. Según Winston (2005) nos dice que:

En la mayoría de los modelos hay una función que deseamos maximizar o minimizar. Esta función se llama función objetivo del modelo. Pero para maximizar el rendimiento del proceso, se requiere encontrar los valores de V, P, T, A, B y C, que hacen que la F.O sea tan elevado como sea posible. En muchas situaciones, una empresa puede tener más de un objetivo. (p. 02)

(Taha, 2012) Nos dice que “Todos los modelos de PL, constan de tres componentes básicos; 1. Las variables de decisión que pretendemos determinar. 2. El objetivo (la meta) que necesitamos optimizar (maximizar o minimizar). 3. Las restricciones que la solución debe satisfacer”.

Cada modelo de programación lineal tiene dos características importantes: una *función objetivo* por maximizar o minimizar y ciertas *restricciones*. Un modelo de optimización restringido representa el problema de la asignación de recursos escasos de tal modo que se optimice un objetivo de interés. En esta descripción, la frase “recursos escasos” se refiere a los recursos que están sujetos a restricciones. Aunque existen otros tipos distintos y más generales de modelos de toma de decisiones con restricciones, no deja de ser cierto que, en muchas aplicaciones, la programación lineal es la más útil. Se ha aplicado con éxito a miles de problemas administrativos de toma de decisiones, y por eso prestaremos considerable atención a este tema. (Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford, 2000)

Ellos comienzan a presentar un ejemplo numérico específico de formulación de programación lineal para una compañía PROTRAC, donde muestran cómo puede el Solver encontrar la solución a este problema usando el modelo de toma de decisiones con restricción. La función objetivo es parte de un modelo de programación lineal (PL) y está sujeto a ciertas restricciones que busca encontrar el valor Z: que es el resultado óptimo que se desea encontrar.

II.2.8 Variables de decisión

Winston (2005) menciona: “Las variables de decisión cuyos valores están bajo nuestro control e influyen en el desempeño del sistema, se denominan variables de decisión. Ejemplo V, P, T, A, B y C son variables de decisión.” Esto es de vital importancia para determinar las variables de decisión en un modelo matemático para una empresa avícola de la localidad.

Se destina a un análisis de cómo determinar el valor de las variables de decisión que maximiza (a veces minimiza) una función objetivo. (Winston, 2005)

(Hillier & Lieberman, 2006) Mencionan el modelo matemático de un problema industrial está conformado por el sistema de ecuaciones y expresiones matemáticas relacionadas que describen la esencia del problema. De esta forma, si deben tomarse n decisiones cuantificables relacionadas entre sí, se representan como variables de decisión – x_1, x_2, \dots, x_n – para las que se deben determinar los valores respectivos. En consecuencia, la medida de desempeño adecuada (por ejemplo, la ganancia) se expresa como una función matemática de estas variables de decisión - por ejemplo, $P = 3x_1 + 2x_2 + \dots + 5x_n$.

II.2.9 Restricciones

En la mayor parte de las situaciones, sólo son posibles ciertos valores de las variables de decisión. Por ejemplo, ciertas combinaciones de volumen, presión y temperatura, podrían ser peligrosas. Además, A, B y C deben ser número positivos que añaden a 1. Las restricciones de los valores de las variables de decisión se denominan *restricciones*. (Winston, 2005)

Supóngase lo siguiente:

- El volumen debe estar entre 1 y 5 litros.
- La presión debe ser de entre 200 y 400 mililitros.
- La temperatura debe estar entre 100 y 200 grados Celsius.

- La mezcla debe estar compuesta sólo de A, B, y C.
- Para que el fármaco se comporte de manera adecuada, sólo la mitad de la mezcla cuando mucho puede ser del producto A.

Estas restricciones se expresan en forma de matemática como sigue:

$$V \leq 5$$

$$V \geq 1$$

$$P \leq 400$$

$$P \geq 200$$

$$T \leq 200$$

$$T \geq 100$$

$$A \geq 0$$

$$B \geq 0$$

$$A + B + C = 1$$

$$A \leq 5$$

(Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford, 2000) Mencionan que en el contexto de la construcción de modelos, las limitaciones o restricciones impuestas sobre las decisiones permisibles tienen especial importancia. Las restricciones se presentan generalmente en dos formas: *limitaciones* y *requerimientos*. Las restricciones pueden subdividirse aún más para reflejar las limitaciones y requerimientos físicos, las limitaciones y requerimientos económicos y las limitaciones y exigencias de política operativa.

Algunos ejemplos tomados de ellos tenemos:

1. El administrador de cartera está restringido por ciertas limitaciones de capital (limitación económica) y por las disposiciones de la Comisión de supervisión de actividades financieras (limitaciones y requisitos de políticas).
2. Las decisiones de producción están restringidas por limitaciones de capacidad (limitaciones físicas) y por la disponibilidad de los recursos necesarios (limitaciones físicas y económicas).
3. Las aerolíneas están restringidas por la disposición de que la tripulación pase cuando menos 24 horas en tierra entre vuelos (requisito de políticas).
4. La compañía explotadora de petróleo trabaja bajo la restricción impuesta por los tipos de petróleo disponibles (limitación física) y por el requisito de que la gasolina tenga un

valor nominal de octanaje mínimo específico (requerimiento de políticas). (Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford, 2000)

Las restricciones son los recursos limitados que pueden tener una empresa u organización dentro de un proceso productivo. En la ecuación matemática de programación lineal (PL) el valor de la restricción es el lado derecho de la inecuación y es lo que se tiene disponible como recurso.

II.2.10 Optimización

(Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011) Nos mencionan que se considera que **optimizar** es la función de lograr mayores beneficios con la mínima cantidad de recursos invertidos; es decir, buscar la mejor manera de realizar una actividad. Arsham Hosseim, experto en el tema, explica que la...también denominada programación matemática, sirve para encontrar la respuesta que proporciona el mejor resultado, la que obtiene mayores ganancias, mayor producción o felicidad o la que logra el menor costo, desperdicio o malestar. Con frecuencia, estos problemas implican utilizar de la manera más eficiente los recursos, tales como dinero, tiempo, maquinaria, personal, existencias, etc. (p. 4)

En la investigación se busca lo mejor, la mejor opción entre varios resultados que podría haber dentro del modelo matemático que refleja la realidad en la producción avícola.

II.2.11 Problemas de optimización

“En un problema se trata de maximizar o minimizar una cantidad específica llamada objetivo, la cual depende de un número finito de variables de entrada. Éstas pueden ser independientes entre sí o relacionarse a través de una o más restricciones”. (Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011)

Ejemplo 1

El problema: Minimizar: $Z = x_1 + x_2$

Sujeto a: $x_1 - x_2 = 3$
 $x_2 \geq 2$

Éste es un problema de optimización del objetivo z , en el que las variables de entrada son x_1 y x_2 . Se desean obtener valores de las variables de entrada que minimicen el objetivo principal, sujetos a las limitaciones impuestas por las restricciones. Un programa

matemático como el del ejemplo anterior es lineal si $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ y cada $g_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ donde $(i = 1, 2, \dots, m)$ se dan como funciones matemáticas y como ilaciones funcionales (como sucede en el primer ejemplo). (Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011)

Ejemplo 2

$$\text{Maximizar } Z = 4x_1 + 5x_2$$

$$\text{Sujeto a: } 3x_1 + 2x_2 \leq 15$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 4$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Cabe señalar que la última restricción, de no negatividad, indica que las variables que se utilizaron en el modelo deben ser positivas o ceros puesto que, si se deseara producir, por ejemplo, dulces, no se podrían producir -4 dulces. (Muñoz Castorena, Ochoa Hernández, & Morales García, 2011)

Las restricciones de no negatividad serán mayor a cero esto es importante como parte de la estructura de un modelo de programación lineal para su optimización. Se tiene en cuenta este punto para los fines de esta investigación.

II.2.12 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es importante por varias razones. En diversas aplicaciones, los valores de los parámetros de un PL podrían cambiar. Por ejemplo, podrían cambiar los precios a los cuales los soldados y trenes se venden o la disponibilidad de las horas de carpintería y acabado. Si cambia un parámetro, entonces con el análisis de sensibilidad ya no es necesario resolver el problema nuevo. Cuando el analista sabe manejar el análisis de sensibilidad puede determinar, a partir de la solución original, cómo los cambios en los parámetros de un PL modifican la solución óptima. Téngase en cuenta que podríamos no tener certeza acerca de los valores de los parámetros del PL. (Winston, 2005)

Según (Taha, 2012) menciona “En PL, los parámetros (datos de entrada) del modelo pueden cambiar dentro de ciertos límites sin que cambie la solución óptima. Esto se conoce como análisis de sensibilidad”.

Entonces para poder realizar el análisis de sensibilidad en el modelo matemático de la producción avícola tendremos en cuenta lo que se menciona para buscar los posibles valores de la función objetivo.

Se considerarán dos casos: **1.** La sensibilidad de la solución óptima a los cambios de la disponibilidad de los recursos (lado derecho de las restricciones). **2.** La sensibilidad de la solución óptima a los cambios en la utilidad unitaria o el costo unitario (coeficientes de la función objetivo). (Taha, 2012)

(Hillier & Lieberman, 2006) Mencionan que el análisis de sensibilidad es una parte esencial de casi todos los estudios de programación lineal. Debido a que la mayoría de los valores de los parámetros que se emplean en el modelo original son sólo estimaciones de las condiciones futuras, es necesario investigar el efecto que tendrían sobre la solución óptima en caso de que prevalecieran otras condiciones. Aún más, ciertos valores de estos parámetros (como la cantidad de recursos) pueden representar *decisiones administrativas*, en cuyo caso su elección debe ser el aspecto principal de la investigación, el cual se puede estudiar a través del análisis de sensibilidad.

Entonces el análisis de sensibilidad debe identificar las variables más críticas, construir los posibles escenarios y analizar el comportamiento de un resultado bajo diferentes supuestos. A la pregunta ¿Es sensible la solución óptima a cambios en los parámetros de entrada? Aquí es donde debemos ver el valor del lado derecho de las restricciones y realizar el análisis de Excedentes y Sobrantes. Nos preguntamos “Qué pasa si” para observar bajo un entorno dinámico y ver información económica y operacional. En los tipos de variables tenemos a:

- Variables Básicas: variable cuyo valor es diferente de cero.
- Variables No Básicas: variable cuyo valor es cero.

En el análisis de sensibilidad vamos a ver que en los resultados obtenidos al someter el modelo matemático al software de **LINDO** tenemos que:

- **SLACK** Significa **Sobrante**. – El signo de la inecuación es \leq
- **SUPLUS** Significa **Excedente**. – El signo de la inecuación es \geq o $=$
- **DUAL PRICE** es el **Precio Dual** o el **Precio Sombra**.
- **INCREASE Y DECREASE** es la variación en el lado derecho de las restricciones.

Las restricciones pueden ser restricción de recurso o restricción de requerimiento. Si la restricción es un recurso tenemos la fórmula:

$$\text{Recurso utilizado} = \text{Recurso disponible} - \text{Recurso sobrante}$$

Si la restricción es un requerimiento mínimo tenemos:

$$\text{Requerimiento logrado} = \text{Req. Mínimo} + \text{Excedente}$$

Si la restricción es un requerimiento máximo tenemos:

$$\text{Requerimiento logrado} = \text{Req. Máximo} - \text{Faltante}$$

II.2.13 Precio Dual (Dual Price)

(Hillier & Lieberman, 2006) Nos dicen: Dada nuestra forma estándar para el problema primal, presenta a la izquierda (quizá después de hacer la conversión de una a otra forma), su problema dual tiene la forma que se muestra a la derecha. (Ver Figura 2)

En consecuencia, con el problema primal en la forma de *maximización*, el problema dual está en la forma de *minimización*. Aún más, el problema dual usa exactamente los mismos *parámetros* que el problema primal, pero en diferentes lugares, tal como se resume a continuación.

1. Los coeficientes de la función objetivo del problema primal son los *lados derechos* de las restricciones funcionales del problema dual.
2. Los lados derechos de las restricciones funcionales del problema primal son los coeficientes de la función objetivo del problema dual.
3. Los coeficientes de una variable de las restricciones funcionales del problema primal son los coeficientes de una restricción funcional del problema dual.

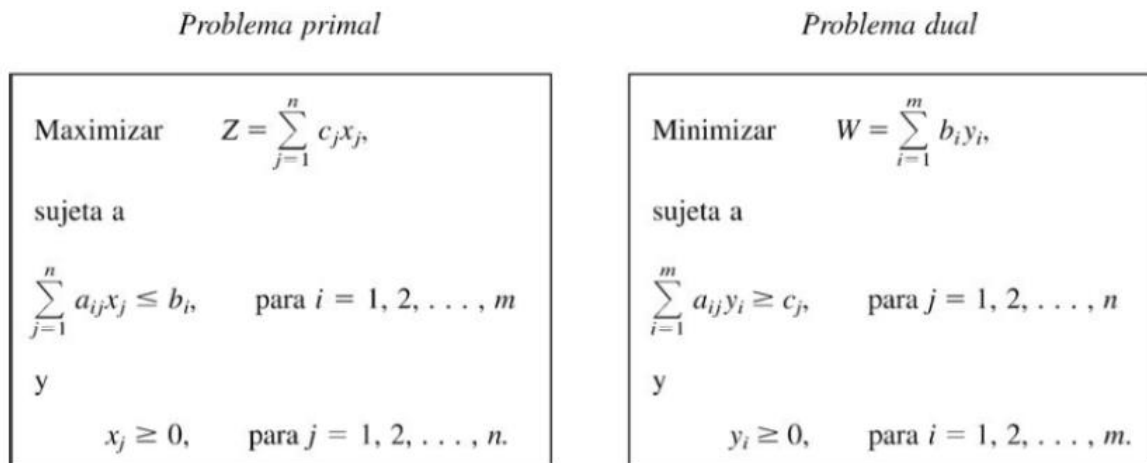


Figura 2 Teoría de la Dualidad

Fuente: Investigación de Operaciones (Hillier & Lieberman, 2006) (p. 431)

- Precio Sombra / Oculto: Indica el cambio de la Función Objetivo cuando cambia el recurso.
- Permite calcular la cantidad en que ‘mejoraría’ la función objetivo (aumentado en un MAX, disminuyendo en un MIN) si ‘relajásemos’ la restricción asociada en una unidad.
- El precio dual está expresada en una unidad determinada por la Función Objetivo (FO) y el lado derecho de la restricción.

Si la Función Objetivo (FO) es maximizar y la inecuación de la restricción tiene el signo \leq para mejorar la FO se debe trabajar con el **INCREASE** (Aumentar el lado derecho de la restricción)

$$\text{NUEVO VALOR FO} = \text{VALOR ANTERIOR FO} + \text{DP} * \text{INCREASE}$$

Si la inecuación de la restricción tiene el signo \geq o $=$ para mejorar la FO se debe trabajar con el **DECREASE** (Disminuir el lado derecho de la restricción)

$$\text{NUEVO VALOR FO} = \text{VALOR ANTERIOR FO} + \text{DP} * \text{DECREASE}$$

Si la Función Objetivo (FO) es minimizar y la inecuación de la restricción tiene el signo \leq para mejorar la FO se debe trabajar con el **INCREASE** (Aumentar el lado derecho de la restricción)

$$\text{NUEVO VALOR FO} = \text{VALOR ANTERIOR FO} - \text{DP} * \text{INCREASE}$$

Si la inecuación de la restricción tiene el signo \geq o $=$ para mejorar la FO se debe trabajar con el **DECREASE** (Disminuir el lado derecho de la restricción)

$$\text{NUEVO VALOR FO} = \text{VALOR ANTERIOR FO} - \text{DP} * \text{DECREASE}$$

El Dual Price tiene valor absoluto.

II.2.14 Esquema General de la Producción Avícola

El sector avícola se caracteriza, en sus modelos más intensificados, por un elevado nivel tecnológico y un complejo sistema productivo y comercial, lo que hace de la avicultura, sobre todo en el subsector carne, el más claro exponente de los sistemas de producción de ganadería intensiva. Otra de las características fundamentales del sector es la enorme especialización de todos aquellos eslabones que componen la cadena productiva (tanto en la obtención de carne como en la de huevos de consumo) y en la que se pueden diferenciar, a efectos didácticos (y prácticos), los siguientes niveles productivos. (Universidad Politécnica, 2017)

Nivel 1: Bisabuelas. Este nivel está monopolizado por poco más de 20 empresas en todo el mundo (en USA, Francia, Alemania, Israel, Gran Bretaña y Holanda). Estas empresas, una vez fijadas las diversas “**líneas útiles de bisabuelas**” (procedentes de la realización de apareamientos consanguíneos a partir de unos “pools genéticos iniciales”), proceden a efectuar los cruces de estas líneas entre sí y a seleccionar los productos obtenidos, estableciendo así las “**líneas comerciales de abuelas y abuelos**”. Las “líneas útiles” serán aquellas que permiten obtener el producto final (pollos de engorde o huevos de consumo) que demanda cada mercado al que van destinadas. (Universidad Politécnica, 2017)

Nivel 2: Abuelas. Este nivel se basa en el establecimiento de abuelas, generalmente en el país de destino, a partir de la multiplicación de las poblaciones de abuelas y abuelos de 1 día importados de los países de origen, donde fueron establecidas. Este nivel constituye el punto de arranque de las empresas avícolas. (Universidad Politécnica, 2017)

Nivel 3: Madres (o Reproductoras). A partir de los abuelos/as se obtienen los reproductores (nivel madres) y son éstos los que dan lugar a los huevos fecundados que,

una vez incubados, originan los pollitos de 1 día. Obviamente, aunque el proceso descrito hasta este tercer nivel es esencialmente el mismo, las estirpes y líneas genéticas son distintas según que la orientación productiva sea la obtención de carne o de huevos para consumo. Además, dentro de cada una de estas orientaciones productivas, habrá líneas genéticas destinadas a crear la línea macho (el gallo reproductor del nivel 3) y otras destinadas a crear la línea hembra (la gallina reproductora del nivel 3). (Universidad Politécnica, 2017)

Nivel 4.1: Carne. Cebo del pollito de 1 día. Los pollitos (machos y hembras) resultantes de la incubación de huevos fértiles son engordados en los cebaderos o “granjas de pollos”, donde se obtiene el pollo de carne, que es el producto final que se desea obtener. (Universidad Politécnica, 2017)

Nivel 4.2: Carne. Sacrificio y comercialización. Una vez los pollos han sido cebados, van al matadero donde se procede a su sacrificio y faenado. Al mercado llegan mayoritariamente los productos procedentes del matadero y de las salas de despiece, en forma de canal entera o de troceados. Cada vez es mayor la comercialización de carne de pollo en forma de elaborados cárnicos. (Universidad Politécnica, 2017)

Nivel 4.3. Puesta Ponedoras. Los pollitos y pollitas recién eclosionados (de estirpes genéticas de aptitud puesta) son sexados, aprovechándose únicamente las hembras, futuras ponedoras comerciales. Obviamente, es preciso proceder a su cría y recría antes de poder disponer de animales en producción comercial. (Universidad Politécnica, 2017)

Nivel 4.4. Puesta. Clasificación y comercialización de los huevos para consumo o huevos comerciales puestos por las ponedoras. Su comercialización principal es como huevo en cáscara, aunque cada vez es mayor su transformación y comercialización en forma de ovoproductos. (Universidad Politécnica, 2017)

Para esta investigación se está considerando el estudio de las aves del nivel 4.3 que son las aves de postura, considerando además la comercialización de los huevos que ponen estas aves cuya venta está por Kg de huevo aparte del ingreso que se obtiene por la venta de Kg de carne de la ave de postura y la gallinaza como abono orgánico.

II.2.15 Sistema Intensivo o Confinamiento

Según (Ortiz Salazar, 2013) menciona que este sistema comprende: manejo de aves en jaula y manejo de aves en piso. Las altas densidades que en este sistema maneja, requiere un esfuerzo económico por parte del productor para poder proveer alojamiento, agua, alimento y todas aquellas condiciones que permitan un óptimo desempeño productivo de las aves.

En la investigación presente el objeto de estudio es ver las restricciones que se presentan en este tipo de sistema de confinamiento que opera la empresa avícola que tiene ventajas y desventajas las cuales se presenta así:

Ventajas:

- Mayor producción.
- Mejor aprovechamiento del alimento.
- Mayor y mejor control de todo tipo de enfermedades.
- Mayor número de animales por m².
- Más facilidad y eficiencia en el manejo.
- Más seguridad para animales contra depredadores y ladrones.
- Permite al productor observar más cerca las aves, pudiendo detectar a tiempo cualquier irregularidad.
- Permite especializar la producción (Huevos / carne).
- Permite el control absoluto de la producción.
- Es aceptado para posibles créditos. (Ortiz Salazar, 2013)

Desventajas:

- Requiere mayor inversión de capital por parte del productor, para proveer alimento, agua, alojamiento, luz y ventilación.
- La acumulación de la gallinaza en el área donde las aves están confinadas se constituye en un reto para la salud de éstas, pues generalmente es portadora de gérmenes infecciosos y parásitos.
- Requiere un mercado asegurado.
- Necesita buena capacitación para su administración y manejo. (Ortiz Salazar, 2013)

II.3 Definición de Términos Básicos

- **AVE DE POSTURA:** Gallina ponedora que tiene la capacidad genética para producir un gran número de huevos, con un tamaño promedio y pueden lograr buen peso de huevo tempranamente en el periodo de postura. Deben tener un esqueleto fuerte con buen desarrollo óseo y muscular, pero no deben tener exceso de grasa. (Ortiz Salazar, 2013)
- **DUAL PRICE:** Permite calcular la cantidad en que mejoraría la función objetivo (aumentado en un MAX, disminuyendo en un MIN) si relajásemos la restricción asociada en una unidad.
- **GALPÓN:** Proporciona las condiciones ambientales óptimas para permitir que el ave desarrolle todo su potencial genético, se obtenga un producto de excelente calidad a un mínimo costo posible. Nos da la posibilidad de levantar más aves por metro cuadrado y disminuir los riesgos de algunas enfermedades como coccidiosis y otras parasitosis.
- **LDR:** Se refiere al Lado Derecho de las Restricciones. Es el valor o el recurso disponible que se tiene y esta después del signo de la inecuación.
- **LINDO:** abreviatura en inglés de Linear Interactive Discrete Optimization (Optimización Lineal Discreta e Interactiva). Es un software muy básico que permite realizar optimización de problemas de programación lineal y cuadrática, definidos sobre variables reales y/o binarias.
- **NEW CASTLE:** La Peste. Virus filtrable vía nasal. Puede presentarse a cualquier edad de las aves. Se presentan catarros, bronquitis, trastornos nerviosos, tos y boqueadas. Supresión del equilibrio y pérdida total del apetito. A las aves enfermas se les tuerce el cuello.
- **RNN:** Restricción de No Negatividad. Son las variables que participan dentro de un modelo matemático y deben ser mayores a cero.

III. HIPÓTESIS

III.1. Declaración de hipótesis

Las restricciones de los recursos utilizados en el proceso productivo permiten lograr la optimización operativa de una empresa avícola en Cajamarca, Año 2017.

- **V.I:** Restricciones de los recursos utilizados.
- **V.D:** Optimización.

III.2. Operacionalización de variables

Tabla 2. Tabla de Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items
Restricciones de los recursos utilizados	Son los recursos limitados que tienen una organización o empresa y restringen las variables de decisión a un rango de valores factibles.	Según (Winston, 2005) las restricciones son los posibles valores de las variables de decisión. Estas restricciones se muestran en forma matemática. Eppen, Gould, Schmidt, Moore y Weatherford (2000) consideran que la restricción es una limitación al intervalo de decisiones permisibles. Puede haber muchos tipos de restricciones.	Tiempo	Tiempo de producción de aves.	¿Cuánto es el tiempo de producción disponible para aves de postura en Galpón de Levante? ¿Cuánto es el tiempo de producción disponible para aves de postura en Galpón de Producción?
			Alimentación	Cantidad de alimento por periodo de producción	¿Cuál es la cantidad de alimento para aves de postura en Galpón de Levante y Producción? ¿De qué insumos está compuesto este alimento?
			Aves	Nivel de mortalidad	¿Cuánto es el nivel de mortalidad de las aves de postura?
			Costo	Costo de producción por tipo de ave.	¿Cuánto es el costo de producir un ave de postura?
			Requerimientos	Requerimientos mínimo Requerimiento máximo	¿Cuál es el requerimiento mínimo de pedido de tipo de ave? ¿Cuál es el requerimiento máximo de pedido de tipo de ave?

Fuente: Elaboración propia

Continúa:

Viene de página anterior:

Tabla 3. Tabla de Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items
Optimización	Será aquella que produzca el mejor valor (maximizando o minimizando) de la función objetivo, sujeta a las restricciones.	Según (Winston, 2005) menciona que después de hacer que Z represente el valor de la función objetivo, el modelo completo de optimización se escribe. (<i>Modelo matemático</i>). Se dice que cualquier especificación de las variables de decisión que cumple con todas las restricciones del modelo se encuentra en la región factible.	Beneficio	Ingresos - Costos	¿Cuál es el beneficio que se tiene al producir las aves?
			Modelo matemático	Análisis de sensibilidad (Resultados del modelo)	¿Qué pasa si se aumenta o disminuye alguna restricción?

Fuente: Elaboración propia

III.3. Propuesta de solución

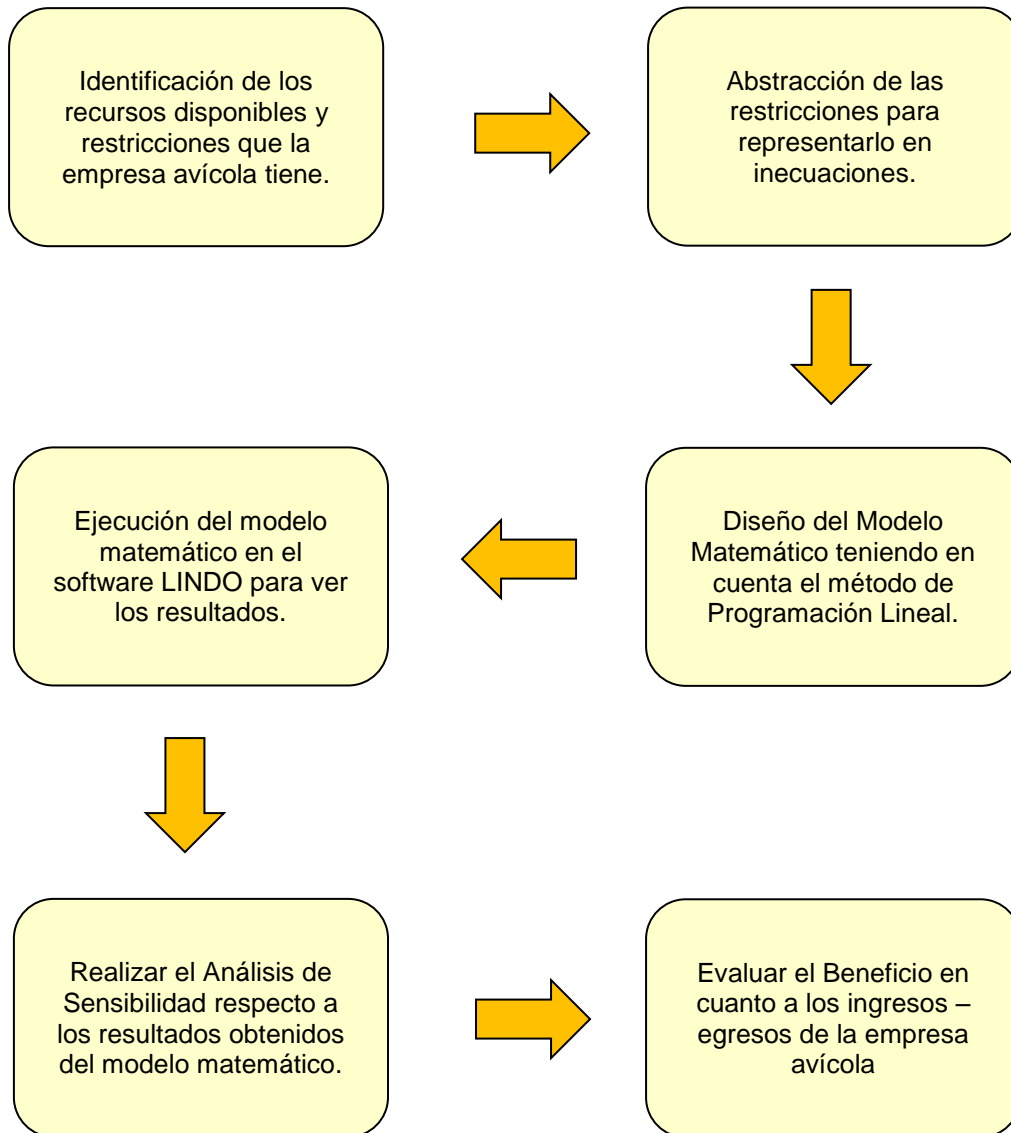


Figura 3 Propuesta de Solución

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3, tenemos la propuesta de solución constituido en seis cuadrantes:

- **Cuadrante 1:** Identificación de los recursos disponibles y restricciones que la empresa avícola tiene.
- **Cuadrante 2:** Abstracción de las restricciones para representarlo en inecuaciones.
- **Cuadrante 3:** Diseño del Modelo Matemático teniendo en cuenta el método de Programación Lineal.
- **Cuadrante 4:** Ejecución del modelo matemático en el software LINDO para ver los resultados.
- **Cuadrante 5:** Realizar el Análisis de Sensibilidad respecto a los resultados obtenidos del modelo matemático.
- **Cuadrante 6:** Evaluar el Beneficio en cuanto a los ingresos – egresos de la empresa avícola

La cual se consideró trabajar la identificación de los recursos disponibles y restricciones (*Cuadrante 1*) más la abstracción de las restricciones en inecuaciones (*Cuadrante 2*) dentro del *Objetivo específico 1*.

El Diseño del Modelo Matemático teniendo en cuenta el método de Programación Lineal (*Cuadrante 3*) se consideró para el *Objetivo Específico 2*.

Y la ejecución del modelo matemático en el software LINDO para ver los resultados (*Cuadrante 4*) más Realizar el Análisis de Sensibilidad respecto a los resultados obtenidos del modelo matemático (*Cuadrante 5*), se consideró para el *Objetivo Específico 3*.

La Evaluación del Beneficio en cuanto a los ingresos menos egresos de la empresa avícola (*Cuadrante 6*), se realizaron luego del análisis de sensibilidad del modelo la cual se detalla más adelante.

III.3.1 Plan de Acción

- **Proceso** : Producción
- **Objetivo** : Diseñar la manera de estructurar el modelo matemático según restricciones en el proceso productivo de aves de postura.
- **Plan de Acción** : Plan para el modelamiento matemático según restricciones.
- **Propósito** : Buscar una optimización en la parte operativa.
- **Responsable** : Ingeniero encargado para realizar el estudio.

Tabla 4. Plan de Acción

Actividad	Duración		Responsable	Indicadores
	Inicio	Término		
Identificación de los recursos disponibles y restricciones que la empresa avícola tiene.	Sem 1	Sem 2	Ingeniero encargado para realizar el estudio	Tiempo de producción de aves.
				Cantidad de alimento por periodo de producción
				Nivel de mortalidad
				Costo de producción por tipo de ave.
				Requerimientos mínimo Requerimiento máximo
Abstracción de las restricciones para representarlo en inequaciones.	Sem 2	Sem 3	Ingeniero encargado para realizar el estudio	Tiempo de producción de aves.
				Cantidad de alimento por periodo de producción
				Nivel de mortalidad
				Costo de producción por tipo de ave.
				Requerimientos mínimo Requerimiento máximo

Continua:

Viene de página anterior:

Actividad	Duración		Responsable	Indicadores
	Inicio	Término		
Diseño del Modelo Matemático teniendo en cuenta el método de Programación Lineal.	Sem 3	Sem 5	Ingeniero encargado para realizar el estudio	Modelo Matemático
Ejecución del modelo matemático en el software LINDO para ver los resultados.	Sem 5	Sem 6	Ingeniero encargado para realizar el estudio	Modelo Matemático
Realizar el Análisis de Sensibilidad respecto a los resultados obtenidos del modelo matemático.	Sem 7	Sem 9	Ingeniero encargado para realizar el estudio	Análisis de sensibilidad (Resultados del modelo)
Evaluar el Beneficio en cuanto a los ingresos – egresos de la empresa avícola	Sem 9	Sem 12	Ingeniero encargado para realizar el estudio	Ingresos - Costos

Fuente: Elaboración propia

IV. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS Y ANÁLISIS

IV.1 Diseño de investigación

- Por el enfoque que persigue la investigación es mixta. Por el tipo de investigación según su fin busca ser aplicada. Por el alcance o nivel de profundidad del conocimiento se decide en un estudio correlacional o causal y en cuanto al diseño de contrastación de la hipótesis es no experimental – descriptiva - transversal.

$O \rightarrow X$

Donde:

- O:** Es la observación que se realiza para hacer el estudio.
- X:** Es la propuesta de solución.

IV.2 Unidad de análisis

- Los recursos utilizados en el proceso productivo de aves de postura de la empresa avícola en el año 2017.

IV.3 Población

- La población que se considera son todos los recursos utilizados en el proceso productivo de aves de postura de la empresa avícola cajamarquina.

IV.4 Muestra

- La muestra que se considera es también todos los recursos utilizados en el proceso productivo de aves de postura de la empresa avícola.

IV.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 5 Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.

Método	Fuente	Técnica
Cualitativo	Primaria	Entrevista.
Observación	Primaria	Observación directa
Cuantitativo	Secundaria	Análisis de datos

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de la información como se muestra en la Tabla 5 se aplicó la entrevista como fuente primaria para obtener información, luego la observación directa para poder identificar los recursos que participan en el procesos productivo de aves de postura y finalmente se realizó un análisis de datos para poder realizar el modelamiento matemático.

Tabla 6 Especificación de las técnicas e instrumentos de recolección de datos

TECNICA	JUSTIFICACION	INSTRUMENTOS	APLICADO EN
Entrevista	Permite identificar todos los recursos y restricciones que se tiene en el proceso productivo de las aves de postura.	Guía de entrevista. Lapicero.	La empresa avícola al administrador y jefe de la granja. Duración: 30 minutos.
Observación directa	Podemos observar el desarrollo de sus operaciones en la crianza de aves de postura.	Ficha de observación	Los galpones de Levante y Producción de la empresa avícola.
Análisis de datos	Para obtener la información que permita determinar las restricciones de la empresa avícola	Índices de datos.	Datos del proceso productivo de aves de postura.

Fuente: Elaboración propia

IV.5.1 Entrevista

- **OBJETIVO:**

Conocer la situación actual del proceso productivo de aves de postura para conocer sus tiempos de producción, índice de mortalidad, costos de producción, requerimientos de la operación, así como los ingresos que percibe en este negocio.

- **PROCEDIMIENTO:**

Preparación de la Entrevista

Se determina entrevistar a la persona encargada de la avícola en la parte administrativa y operativa.

La entrevista tiene una duración de 30 minutos con la finalidad de recabar información relevante para poder representarla en el diseño matemático.

El lugar donde se realiza la entrevista es en las instalaciones de la empresa, se acondiciona un lugar adecuado para poder desarrollarlo y así obtener los datos.

Secuela de la Entrevista

Registrar la información y archivar los datos para referencia y análisis posteriores en la elaboración de la propuesta de este estudio.

- **INSTRUMENTOS:**

- Guía de la entrevista.
- Lapicero.

IV.5.2 Observación directa.

- **OBJETIVO:**

Identificar los galpones de Levante y Producción de las aves de postura para determinar las restricciones con que cuenta la parte operativa.

- **PROCEDIMIENTO:**

Observación directa

Se hace un recorrido por los galpones para ver la cantidad de aves que cuenta la empresa avícola.

Se registra información para especificar el número de aves en el Galpón de Levante y los Galpones de Producción 1 y 2.

Se toma algunas evidencias fotográficas para verificar los recursos y restricciones que se cuenta para posterior uso en el desarrollo de esta investigación.

Secuela de la Observación directa

- Registro fotográfico de la observación de campo.
- Registro de datos en producción de aves de postura.
- Obtener información concreta del proceso productivo.

- **INSTRUMENTOS:**
 - Ficha de observación.

IV.5.3 Análisis de datos.

- **OBJETIVO:**

Obtener información que permita determinar las restricciones y recursos de la empresa avícola.
- **PROCEDIMIENTO:**

Recolección de datos

 - Es necesario recopilar todos los datos en el proceso productivo de aves de postura.
 - Indagar para obtener datos de producción.
 - Análisis de datos.
 - Elaboración de archivos.

Secuela de la recolección de datos

 - Elaboración del modelamiento matemático.
 - Identificar variables.
 - Identificar restricciones del modelamiento.
 - Identificar función objetivo.
- ✓ **INSTRUMENTOS:**
 - Índices de datos

IV.6 Métodos y procedimientos de análisis de datos

IV.6.1 Cálculos y modelamiento matemático.

La información obtenida se utiliza para elaborar cálculos operativos para determinar los recursos disponibles con que cuenta la empresa avícola y abstraer estos recursos en inecuaciones a manera de restricciones.

Estas restricciones son parte de un modelo matemático que se someterá a un software que da los resultados para realizar el análisis de sensibilidad y poder encontrar el valor óptimo en la producción de aves de postura.

IV.6.2 Programas

- MS Word: para elaborar y estructurar el informe de investigación.
- MS Excel: para realizar los cálculos matemáticos para cada una de las restricciones que participan en el planteamiento del modelo.
- MS PowerPoint: es un software presentador de diapositivas que se usa para la edición electrónica de la presente investigación.
- LINDO 6.1: Este software permite realizar la optimización del modelo matemático que se define según las variables de decisión identificadas en este estudio.

V. RESULTADOS

V.1 Objetivo Específico 1

- Identificar las restricciones de los recursos utilizados en una empresa avícola cajamarquina 2017.

V.1.1 Identificar las variables de decisión

Para realizar el modelamiento matemático tuvimos que identificar las variables que intervienen. Para esto a cada variable se le asignó una simbología como sigue:

X1: Cantidad de aves de postura en Galpón de Levante.

X2: Cantidad de aves de postura en Galpón de Producción 1.

X3: Cantidad de aves de postura en Galpón de Producción 2.

V.1.2 Identificar las Restricciones

Las restricciones que utilizamos para este modelamiento fueron:

a. Restricción de Tiempo

- Esta restricción tuvo que ver con el tiempo de levante y de producción de las aves de postura, se vio el tiempo disponible para producir las aves de postura en el galgón de levante, producción 1 y producción 2, así el nivel de mortalidad de las aves para obtener el tiempo de producción, la cual con la información obtenida tuvimos la siguiente tabla:

Tabla 7 Tiempo de producción de Aves

	Aves de Postura en Galpón de Levante	Aves de Postura en Galpón de Producción 1	Aves de Postura en Galpón de Producción 2
Tiempo Disponible	17 sem x 7 días x 8 horas x 60 min = 57120 min	43 sem x 7 días x 8 horas x 60 min = 144480 min	43 sem x 7 días x 8 horas x 60 min = 144480 min
Aves ponedoras	7000	12500	14000
Nivel de Mortalidad	3%=210	5%=625	5%=700
Producción	6790 aves	11875 aves	13300 aves
Tiempo Prod	8.4 min por Ave	12.1 min por ave	10.9 min por ave

Fuente: Elaboración propia

- Según datos de la Tabla 7 tuvimos que abstraer la siguiente inecuación:
TPROD) $8.4\text{min/ave} \times 1\text{aves} + 12.1\text{min/ave} \times 2\text{aves} + 10.9\text{min/ave} \times 3\text{aves} \leq 604800 \text{ min}$



Figura 4 Galpón de Levante

Fuente: Galería de imágenes

b. Restricción de Alimentación

- En cuanto a la restricción de alimentación se tuvo en cuenta la cantidad de alimento que se utiliza en las primeras 17 semanas en el galpón de Levante, más la cantidad de alimento de las aves ponedoras en los galpones de Producción. Para poder obtener lo siguiente:

Tabla 8 Cantidad de Alimento por ave

	Aves de Postura en Galpón de Levante	Aves de Postura en Galpón de Producción 1	Aves de Postura en Galpón de Producción 2
Kg de Alimento	32900	412500	462000
Aves ponedoras	7000	12500	14000
Cantidad de alimento	4.7	33	33

Fuente: *Elaboración propia*

- Según datos de la Tabla 8 tuvimos que abstraer la siguiente inecuación:
ALIME) $4.7\text{Kg/ave} \times 1\text{aves} + 33\text{Kg/ave} \times 2\text{aves} + 33\text{Kg/ave} \times 3\text{aves} \leq 907400 \text{ Kg}$



Figura 5 Alimento Disponible

Fuente: Galería de imágenes

c. Restricción de nivel de mortalidad

- Se obtuvo como información que el nivel de mortalidad de las aves ponedoras es de 3% en el Galpón de Levante y 5% en los Galpones de Producción. Por lo tanto se tuvo la siguiente tabla:

Tabla 9 Nivel de mortalidad de aves

	Aves de Postura en Galpón de Levante	Aves de Postura en Galpón de Producción 1	Aves de Postura en Galpón de Producción 2
Aves ponedoras	7000	12500	14000
Nivel de Mortalidad	3%=210	5%=625	5%=700
Producción	6790 aves	11875 aves	13300 aves

Fuente: Elaboración propia

$$\text{NMOGLE)} X1\text{aves}-0.97X1\text{aves}\geq 0$$

$$\text{NMOGP1)} X2\text{aves}-0.95X2\text{aves}\geq 0$$

$$\text{NMOGP2)} X3\text{aves}-0.95X3\text{aves}\geq 0$$

d. Costo de producción

- Para encontrar la restricción del costo de producción por ave de postura se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 10 Costo de Producción por Ave

	Aves de Postura en Galpón de Levante	Aves de Postura en Galpón de Producción 1	Aves de Postura en Galpón de Producción 2
Aves ponedoras	7000	12500	14000
Costo	39809	458750	513800
Costo de Producción	5.7	36.7	36.7

Fuente: Elaboración propia

- Según datos de la Tabla 10 tuvimos que abstraer la siguiente inecuación:

$$C_{PROD} \leq S/.5.7/ave \times X_1 \text{aves} + S/.36.7/ave \times X_2 \text{aves} + S/.36.7/ave \times X_3 \text{aves} \leq S/.1033150$$



Figura 6 Galpón de Producción

Fuente: Galería de imágenes

e. Restricción de requerimiento máximo

- En la avícola en estudio se observó que se tiene como requerimiento máximo en el Galpón de Levante un aproximado de 7000 aves de postura, en el Galpón de Producción 1 un aproximado de 12500 aves de postura, y en el Galpón de

Producción 2 un aproximado de 14000 aves de postura, lo cual implica que la abstracción para estas restricciones fueron:

$$\text{REQGLE)} X1 \leq 7000$$

$$\text{REQGP1)} X2 \leq 12500$$

$$\text{REQGP2)} X3 \leq 14000$$

f. Restricción de requerimiento mínimo

- En cuanto a los requerimientos mínimos por condiciones de la avícola se obtuvo el requerimiento mínimo total de gallinas de postura (30 000 aves), así como el requerimiento mínimo del nivel de producción de gallinas de postura en el Galpón de Levante (97% aves), el requerimiento mínimo del nivel de producción de gallinas de postura en el Galpón de Producción 1 (95% aves), y el requerimiento mínimo de producción de gallinas de postura en el Galpón 2 (95% aves), lo cual implica que la abstracción para estas restricciones en la capacidad mínima de producción y el nivel de mortalidad fueron:

$$\text{GALLP)} X1+X2+X3 \geq 30000$$

$$\text{NMOGLE)} X1-0.97X1 \geq 0$$

$$\text{NMOGP1)} X2-0.95X2 \geq 0$$

$$\text{NMOGP2)} X3-0.95X3 \geq 0$$

g. Función Objetivo (F.O)

- Para la función objetivo se deseó encontrar la cantidad máxima de aves de postura, la cual se tiene que:

$$\text{F.O: MAX Z: } X1+X2+X3$$

V.2 Objetivo Específico 2

- Diseñar el modelo matemático para encontrar la función objetivo sujeto a las restricciones que se tiene.

PLANTEAMIENTO

En una avícola cajamarquina se produce aves de postura en la etapa de Levante, Galpón de Producción 1 y 2. Manejando ciertos recursos como se ve a continuación:

Aves	Tiempo	Alimento	Costo
Galpón Levante	8.4 min	4.7 Kg	S/. 5.80
Galpón Producción 1	12.1 min	33 Kg	S/. 36.70
Galpón Producción 2	10.9 min	33 Kg	S/. 36.70

La avícola cuenta con 604800 minutos disponibles de tiempo para producir las aves de postura. 907400 Kg de alimento y S/.1033150 soles para costo de producción de aves. Además por requerimiento de producción debe haber por lo menos 30 mil aves entre los 3 galpones. Se cuenta como máximo 7000 aves de postura en el Galpón de Levante, 12500 aves en el Galpón de Producción 1 y como máximo 14 mil aves en el Galpón de Producción 2. El índice de mortalidad en el Galpón de Levante es de 3% y en los Galpones de Producción es de 5%.

Diseñar el modelo matemático de PL, sabiendo que se desea maximizar la cantidad de aves de postura entre los galpones de la avícola cajamarquina.

- Después de identificar estas restricciones el diseño del modelo matemático tiene la siguiente estructura:

IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

- X1: Cantidad de aves de postura en Galpón de Levante.
- X2: Cantidad de aves de postura en Galpón de producción 1.
- X3: Cantidad de aves de postura en Galpón de producción 2.

MODELO MATEMÁTICO:

MAX Z: $X_1+X_2+X_3$

ST

TIEMP) $8.4X_1+12.1X_2+10.9X_3\leq 604800$

ALIM) $4.7X_1+33X_2+33X_3\leq 907400$

COSTP) $5.8X_1+36.7X_2+36.7X_3\leq 1033150$

GALLP) $X_1+X_2+X_3\geq 30000$

REQGLE) $X_1\leq 7000$

REQGP1) $X_2\leq 12500$

REQGP2) $X_3\leq 14000$

NMOGLE) $X_1-0.97X_1\geq 0$

NMOGP1) $X_2-0.95X_2\geq 0$

NMOGP2) $X_3-0.95X_3\geq 0$

END

$X_1, X_2, X_3 \geq 0$ (**Restricción de No negatividad**)

Fuente: Elaboración propia

V.3 Objetivo Específico 3

- Encontrar el nivel de optimización operativa que presenta la empresa avícola cajamarquina en el año 2017.

Sometiendo el modelo matemático diseñado al software de LINDO se ha obtenido los siguientes resultados del modelo según Figura 7:

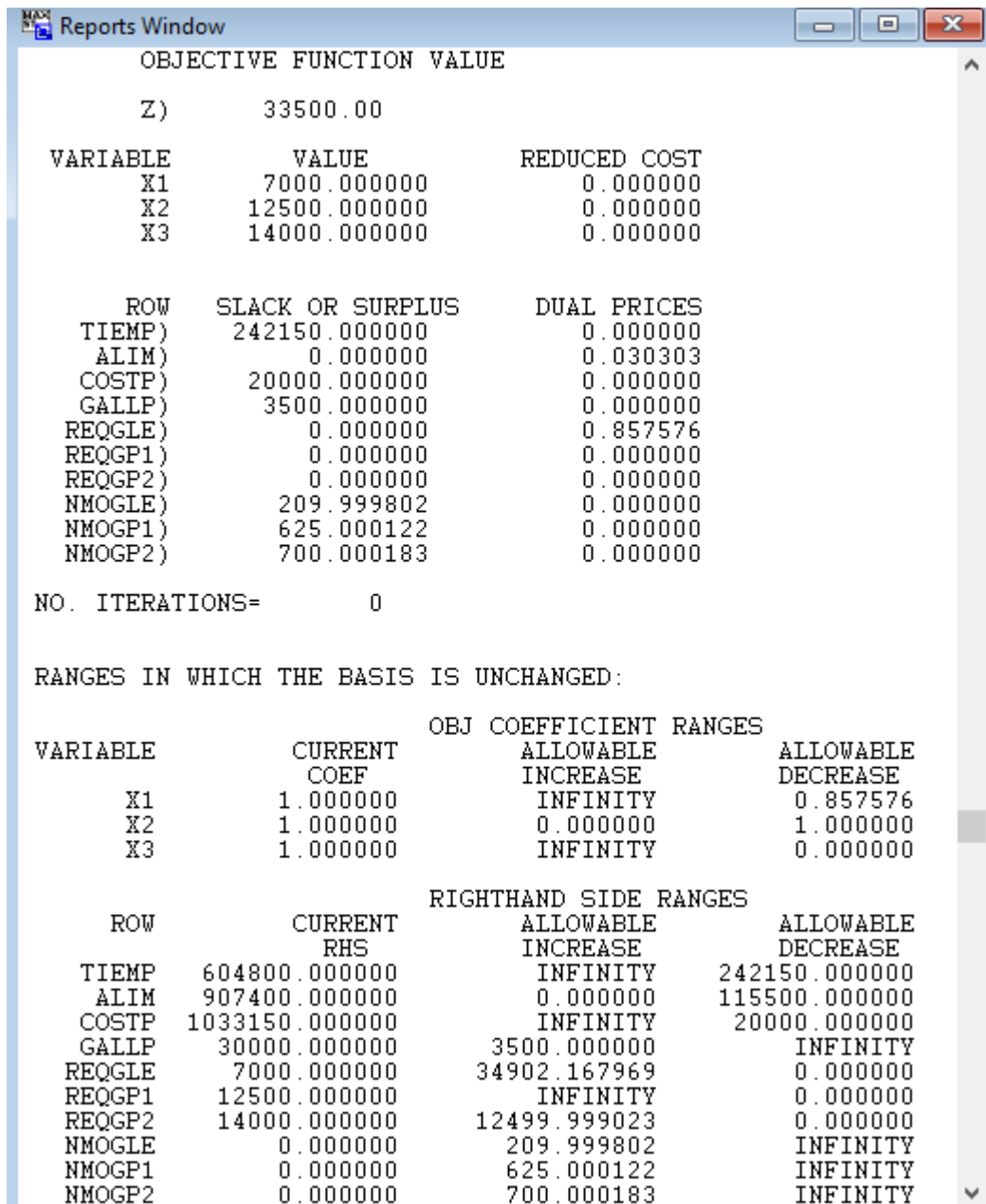


Figura 7 Resultados del Modelo Matemático

Fuente: Elaboración propia

Para poder explicar estos resultados se tuvo que hacer el análisis de sensibilidad viendo los cuatro bloques de los resultados del modelo matemático en cuanto al valor de la función objetivo (F.O) y variables de decisión, las restricciones, los coeficientes de la función objetivo y el valor del Dual Price (DP) que tiene que ver con en el lado derecho de las restricciones (LDR), para esto se tuvo el siguiente detalle:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

Z) 33500.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	7000.0 - 210.0 = 6 790.0	
X2	12500.0 – 625.0 = 11 875.0	
X3	14000.0 – 700 = 13 300.0	

El valor **Z** significa que la avícola ha producido 33500 aves de postura menos el nivel de mortalidad de aves por cada Galpón, las cuales 7000 aves de postura fueron del Galpón de Levante menos 210 aves, 12500 aves de postura fueron del Galpón de Producción 1 menos 625 aves y 14000 aves de postura fueron del Galpón de Producción 2 menos 700 aves, siendo **Z** = 31 065 aves de postura.

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

El **SLACK** significa **Sobrante**. Y el signo de la inecuación está acompañado por (**<=**). **SUPLUS** significa **Excedente**. Y el signo de la inecuación está acompañado por (**>=** o **=**). Entonces:

Restricción de recurso : **TIEMP)** $8.4X1+12.1X2+10.9X3 \leq 604800$

Resultado : **TIEMP)** 242150.000000 0.000000

Interpretación:

El valor que está en el recuadro es un **sobrante** porque el signo de la inecuación es **<=**. Significa que de los 604 800 minutos disponibles de tiempo de producción de aves se ha utilizado 362 650 minutos, sobrando 242 150 minutos.

Recurso utilizado = Recurso disponible – Recurso sobrante

Recurso utilizado = 604 800 min – 242 150 min

Recurso utilizado = 362 650 min

Restricción de recurso : **ALIM)** $4.7X_1+33X_2+33X_3 \leq 907400$

Resultado : **ALIM)** 0.000000 0.030303

Interpretación:

El valor que está en el recuadro es un **sobran**te porque el signo de la inecuación es \leq . Significa que de los 907 400 kilogramos disponibles de alimento para las aves de postura se utilizó todo.

Recurso utilizado = Recurso disponible – Recurso sobrante

Recurso utilizado = 907 400 Kg – 0 Kg

Recurso utilizado = 907 400 Kg

Restricción de recurso : **COSTP)** $5.8X_1+36.7X_2+36.7X_3 \leq 1033150$

Resultado : **COSTP)** 20000.000000 0.000000

Interpretación:

El valor que está en el recuadro es un **sobran**te porque el signo de la inecuación es \leq . Significa que del 1 033 150 soles disponibles para el costo de producción de aves de postura se ha utilizado 1 013 150 soles, sobrando 20 000 soles.

Recurso utilizado = Recurso disponible – Recurso sobrante

Recurso utilizado = 1 033 150 soles – 20 000 soles

Recurso utilizado = 1 013 150 soles

Restricción Req. Mínimo : **GALLP)** $X_1+X_2+X_3 \geq 30000$

Resultado : **GALLP)** 3500.000000 0.000000

Interpretación:

El valor que está en el recuadro es un **excedente** porque el signo de la inecuación es \geq . Significa que de las 30000 aves de postura como requerimiento mínimo de producción entre el Galpón de Levante, Galpón de Producción 1 y 2, hubo un excedente de 3500 aves de postura más.

Requerimiento logrado = Req. Mínimo + Excedente

Requerimiento logrado = 30 000 aves + 3500 aves

Requerimiento logrado = 33 500 aves

Restricción Req. Máximo : **REQGLE) X1** ≤ 7000
Resultado : **REQGLE)** 0.000000 0.857576

Interpretación:

El valor que está en el recuadro es un **Faltante** porque el signo de la inecuación es ≤. Significa que de las 7000 aves de postura como requerimiento máximo de producción en el Galpón de Levante, hubo un faltante a la meta de 0 aves o sea se cumplió con este requerimiento.

Requerimiento logrado = Req. Máximo - Faltante

Requerimiento logrado = 7000 aves – 0 aves

Requerimiento logrado = 7000 aves

Restricción Req. Máximo : **REQGP1) X2** ≤ 12500
Resultado : **REQGP1)** 0.000000 0.000000

Interpretación:

El valor que está en el recuadro es un **Faltante** porque el signo de la inecuación es ≤. Significa que de las 12500 aves de postura como requerimiento máximo de producción en el Galpón de Producción 1, hubo un faltante a la meta de 0 aves o sea se cumplió con este requerimiento.

Requerimiento logrado = Req. Máximo - Faltante

Requerimiento logrado = 12500 aves – 0 aves

Requerimiento logrado = 12500 aves

Restricción Req. Máximo : **REQGP2) X3** ≤ 14000
Resultado : **REQGP2)** 0.000000 0.000000

Interpretación:

El valor que está en el recuadro es un **Faltante** porque el signo de la inecuación es ≤. Significa que de las 14000 aves de postura como requerimiento máximo de producción en el Galpón de Producción 2, hubo un faltante a la meta de 0 aves o sea se cumplió con este requerimiento.

Requerimiento logrado = Req. Máximo - Faltante

Requerimiento logrado = 14000 aves – 0 aves

Requerimiento logrado = 14000 aves

Restricción Req. Mínimo :

NMOGLE) $X1 - 0.97X1 \geq 0$

NMOGP1) $X2 - 0.95X2 \geq 0$

NMOGP2) $X3 - 0.95X3 \geq 0$

Resultado :

NMOGLE) 209.999802 0.000000

NMOGP1) 625.000122 0.000000

NMOGP2) 700.000183 0.000000

Interpretación:

Son las restricciones que tuvieron que ver con el nivel de mortalidad de las aves de postura en los galpones, lo cual indicó que el nivel de mortalidad en el Galpón de Levante fue de 210 aves de postura, en el Galpón de Producción 1 fue 625 aves de postura y en el Galpón de Producción 2 fue 700 aves de postura.

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE	
		INCREASE	DECREASE
X1	1.000000	INFINITY	0.857576
X2	1.000000	0.000000	1.000000
X3	1.000000	INFINITY	0.000000

Estos valores tuvieron que ver con el coeficiente de la función objetivo (F.O), lo cual son las unidades de aves de postura. Como la función objetivo es maximizar se pensó analizar la columna del **INCREASE**, estas unidades pudieron y pueden aumentar hasta el infinito.

Beneficio:

Cada ave de postura coloca un 1 huevo diario. Entonces si consideramos que se colocan 1 huevo por ave se tiene:

Tabla 11 Producción de Huevos

Producto	Producción
Aves de postura	31 065
Huevos por ave	1
Total de Huevos	31 065

Fuente: Elaboración propia



Figura 8 Aves de Postura

Fuente: Galería de imágenes

- Por información se averiguo que 1 Kg de huevos tiene 16 unidades entonces:

$$\text{Kg de Huevo} = \frac{31065 \text{ huevos}}{16 \text{ huevos por Kg}} = 1\,941.56 \text{ Kg de huevo}$$

- El precio de 1 Kg de huevo cuesta S/. 4.80 soles entonces:

$$\text{Total} = 1\,941.56 \text{ Kg} \times \text{S/}. 4.80 = \text{S/}. 9319.50 \text{ soles}$$

$$\text{Total} = \text{S/}. 9319.50 \text{ soles} \times (43 \text{ sem} \times 7 \text{ días})$$

$$\text{Total} = \text{S/}. 9319.50 \text{ soles} \times 301 \text{ días}$$

$$\text{Total} = \text{S/}. 2\,805\,169.5 \text{ soles}$$

Tabla 12 Kilogramos de Ave

Producto	Producción
Aves de postura	31 065
Kg por ave	2.20
Total Kg de carne	68 343

Fuente: Elaboración propia

- La avícola vende 1 Kg de ave a S/. 9.00 soles entonces:

$$\text{Total} = 68\,343 \text{ Kg} \times \text{S}/. 9.00 = \text{S}/. 615\,087 \text{ soles}$$



Figura 9 Acopio de huevos de Aves de Postura

Fuente: Galería de imágenes

- La gallinaza que produce un ave de postura es de 20 Kg aproximadamente por ave durante el periodo de producción, y se vende como abono orgánico entonces:

Tabla 13 Producción de Gallinaza de Ave

Producto	Producción
Aves de postura	31 065
Kg por ave	20
Total Kg de gallinaza	621 300

- Cada saco de gallinaza es de 45 Kg y se vende a S/. 11.00 soles el saco, tenemos:

$$\text{Kg de Gallinaza} = \frac{621300 \text{ Kg}}{45 \text{ Kg por saco}} = 13\,807 \text{ sacos}$$

$$\text{Total} = 13\,807 \text{ sacos} \times \text{S}/. 11.00 = \text{S}/. 151\,877 \text{ soles}$$

Tabla 14 Ingreso Total

Kg de Huevo	S/. 2 805 169.50
Kg de Carne	S/. 615 087
Sacos gallinaza	S/. 151 877
Ingreso Total	S/. 3 572 133. 5

Fuente: Elaboración propia

- En la Tabla 14 se observa que el beneficio total que se obtuvo en la producción de aves de postura fue de S/. 3 572 133.5 soles.

V.3.1 Análisis de Sensibilidad

RIGHTHAND SIDE RANGES

OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
Z)	33500.00	
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	7000.000000	0.000000
X2	12500.000000	0.000000
X3	14000.000000	0.000000
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
TIEMP)	242150.000000	0.000000
ALIM)	0.000000	0.030303
COSTP)	20000.000000	0.000000
GALLP)	3500.000000	0.000000
REQGLE)	0.000000	0.857576
REQGP1)	0.000000	0.000000
REQGP2)	0.000000	0.000000
NMOGLE)	209.999802	0.000000
NMOGP1)	625.000122	0.000000
NMOGP2)	700.000183	0.000000

Figura 10 Resultados para el Dual Price

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 10, el valor del Dual Price (DP), la restricción de alimento nos indicó que por un Kg adicional de alimento esta puede aumentar en 0.030303 aves de postura.

En la restricción de requerimiento del Galpón de Levante, nos indicó que por 1 ave de postura adicional, contribuye al valor de la función objetivo en 0.857576 aves de postura. Este Precio Dual lo relacionamos con los valores del lado derecho de las restricciones las cuales se tuvo en los resultados lo siguiente:

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
TIEMP	604800.000000	INFINITY	242150.000000
ALIM	907400.000000	0.000000	115500.000000
COSTP	1033150.000000	INFINITY	20000.000000
GALLP	30000.000000	3500.000000	INFINITY
REQGLE	7000.000000	34902.167969	0.000000
REQGP1	12500.000000	INFINITY	0.000000
REQGP2	14000.000000	12499.999023	0.000000

NMOGLE	0.000000	209.999802	INFINITY
NMOGP1	0.000000	625.000122	INFINITY
NMOGP2	0.000000	700.000183	INFINITY

Para la restricción del Galpón de Levante, lo que nos indicó el segundo recuadro del bloque anterior es que de las 7000 aves de postura podemos aumentar hasta 36628 aves de postura más; entonces:

Si la Función Objetivo (F.O) fue maximizar y la inecuación de la restricción del requerimiento del Galpón de Levante tuvo el signo \leq , para mejorar la FO se debe trabajar con el **INCREASE** (Aumentar el lado derecho de la restricción)

NUEVO VALOR FO = VALOR ANTERIOR FO + DP*INCREASE

NUEVO VALOR FO = 33 500 + 0.857576*34902

NUEVO VALOR FO = 33 500 + 29 931.117552

NUEVO VALOR FO = 63 431.11

MODELO MATEMÁTICO:

MAX Z: $X_1+X_2+X_3$
ST
 TIEMP) $8.4X_1+12.1X_2+10.9X_3\leq 604800$
 ALIM) $4.7X_1+33X_2+33X_3\leq 907400$
 COSTP) $5.8X_1+29.7X_2+29.7X_3\leq 1033150$
 GALLP) $X_1+X_2+X_3\geq 30000$
REQGLE) $X_1\leq 41902$
 REQGP1) $X_2\leq 12500$
 REQGP2) $X_3\leq 14000$
 NMOGLE) $X_1-0.97X_1\geq 0$
 NMOGP1) $X_2-0.95X_2\geq 0$
 NMOGP2) $X_3-0.95X_3\geq 0$
END
 $X_1,X_2,X_3\geq 0$ (RNN) Restricción de No negatividad

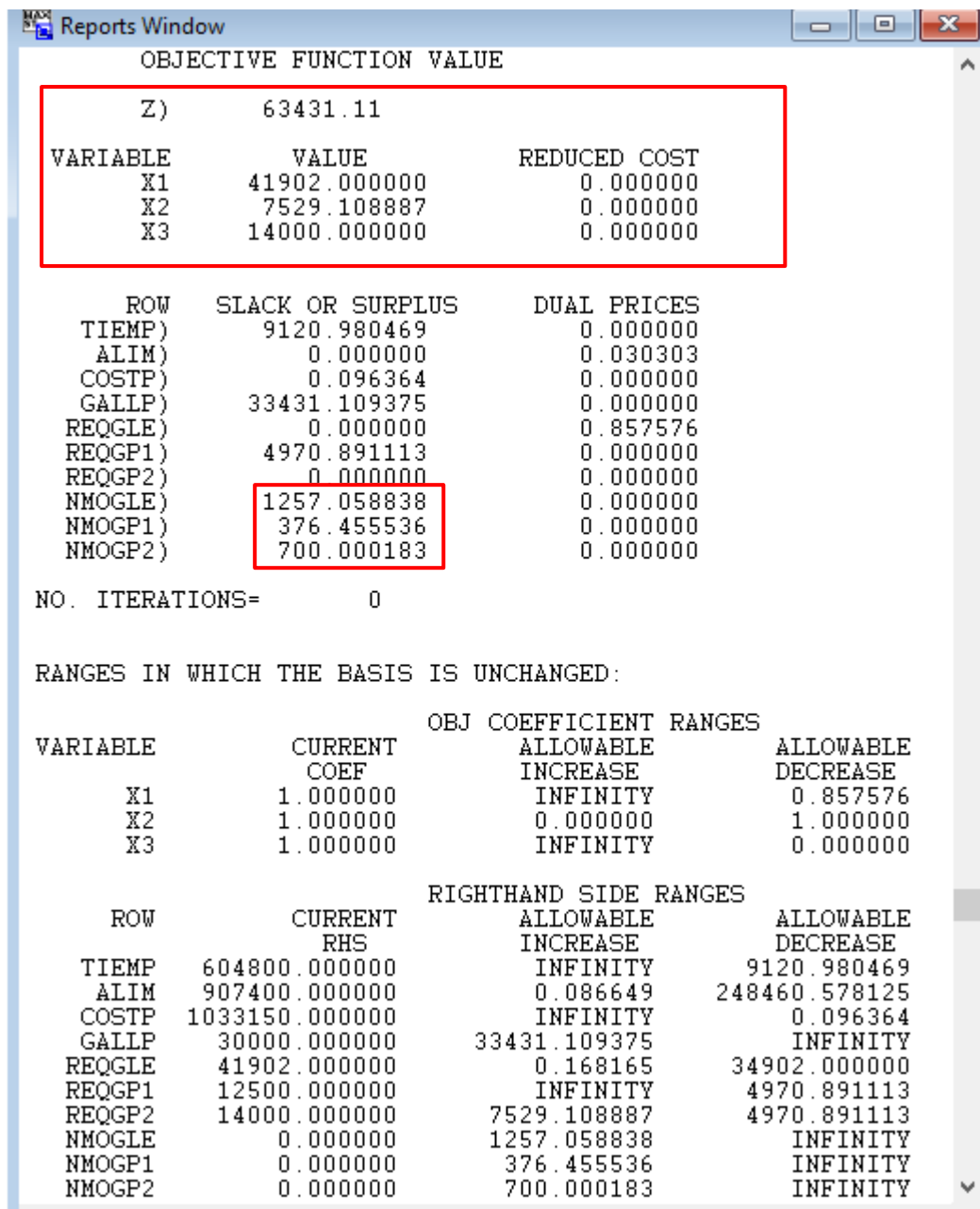


Figura 11 Análisis de Sensibilidad

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11 se pudo observar que la cantidad de aves de postura que se tuvo que producir es 63 431 aves de postura menos el nivel de mortalidad de aves por cada Galpón, las cuales 41902 aves de postura fueron del Galpón de Levante menos 1257 aves por mortalidad quedan (40 645 aves), 7529 aves de postura fueron del Galpón de Producción 1 menos 376 aves por mortalidad quedan (7 153 aves) y 14000 aves de

postura fueron del Galpón de Producción 2 menos 700 aves por mortalidad quedan (13 300 aves), siendo **Z** = 61 098 aves de postura.

Beneficio:

Cada ave de postura coloca 1 huevo diario. Entonces si consideramos que se colocan 1 huevo por ave se tiene:

Tabla 15 Producción de Huevos

Producto	Producción
Aves de postura	61 098
Huevos por ave	1
Total de Huevos	61 098

Fuente: Elaboración propia

- Por información se averiguo que 1 Kg de huevos tiene 16 unidades entonces:

$$\text{Kg de Huevo} = \frac{61098 \text{ huevos}}{16 \text{ huevos por Kg}} = 3\,818.62 \text{ Kg de huevo}$$

- El precio de 1 Kg de huevo cuesta S/. 4.80 soles entonces:

$$\text{Total} = 3\,818.62 \text{ Kg} \times \text{S/} . 4.80 = \text{S/} . 18\,329.38 \text{ soles}$$

$$\text{Total} = \text{S/} . 18\,329.38 \text{ soles} \times (43 \text{ sem} \times 7 \text{ días})$$

$$\text{Total} = \text{S/} . 18\,329.38 \text{ soles} \times 301 \text{ días}$$

$$\text{Total} = \text{S/} . 5\,517\,143.38 \text{ soles}$$

Tabla 16 Kilogramos de Ave

Producto	Producción
Aves de postura	61 098
Kg por ave	2.2
Total Kg de carne	134 415.6

Fuente: Elaboración propia

- La avícola vende 1 Kg de ave a S/. 9.00 soles entonces:

$$\text{Total} = 134\,415.6 \text{ Kg} \times \text{S}/. 9.00 = \text{S}/. 1\,209\,740.4 \text{ soles}$$

- La gallinaza que produce un ave de postura es de 20 Kg aproximadamente por ave durante el periodo de producción, y se vende como abono orgánico entonces:

Tabla 17 Producción de Gallinaza de Ave

Producto	Producción
Aves de postura	61 098
Kg por ave	20
Total Kg de gallinaza	1 221 960

- Cada saco de gallinaza es de 45 Kg y se vende a S/. 11.00 soles el saco, tenemos:

$$\text{Kg de Gallinaza} = \frac{1221960 \text{ Kg}}{45 \text{ Kg por saco}} = 27\,155 \text{ sacos}$$

$$\text{Total} = 27\,155 \text{ sacos} \times \text{S}/. 11.00 = \text{S}/. 298\,705 \text{ soles}$$

Tabla 18 Ingreso Total

Kg de Huevo	S/. 5 517 143.38
Kg de Carne	S/. 1 209 740.4
Sacos gallinaza	S/. 298 705
Ingreso Total	S/. 7 025 588.78

Fuente: Elaboración propia

- En la Tabla 18 se observa que el beneficio total que se obtuvo en la producción de aves de postura fue de S/. 7 025 588.78 soles.

V.3.2 Evaluación de Ingresos - Costos

V.3.2.1 Inversión de Activos Tangibles e Intangibles

Para esta inversión en la Tabla 19; se tuvo en cuenta los recursos tangibles e intangibles a utilizar, se determinó los materiales de consumo, teniendo en cuenta la cantidad y el precio de cada uno de ellos para encontrar el monto. Los equipos y accesorios, también

teniendo en cuenta la cantidad y el precio de cada uno de ellos para encontrar el monto. Los servicios y otros gastos, con la cantidad y el precio de cada uno de ellos para encontrar el monto. Finalmente se obtuvo el Subtotal por cada apartado y el Total de la inversión la cual se detalla a continuación:

Tabla 19 Inversión de Activos Tangibles e Intangibles

Nombre del recurso	Cantidad	Precio	Monto
Materiales de consumo:			
Papel Bond A4 de 80 g, millar	2	S/. 24.00	S/. 48.00
Cuaderno de 50 hojas, unidad	1	S/. 1.50	S/. 1.50
Lapicero, unidad	1	S/. 0.50	S/. 0.50
Lápiz, unidad	1	S/. 1.00	S/. 1.00
Borrador, unidad	1	S/. 1.00	S/. 1.00
Folder de manila, unidad	4	S/. 0.50	S/. 2.00
CD, unidad	4	S/. 1.00	S/. 4.00
Tóner, cartucho	1	S/. 200.00	S/. 200.00
		Sub total	S/. 258.00
Equipos y Accesorios:			
Laptop	1	S/. 2,200.00	S/. 2,200.00
Cámara Digital	1	S/. 800.00	S/. 800.00
Disco Externo	1	S/. 225.00	S/. 225.00
		Sub total	S/. 3,225.00
Servicios:			
Anillado, unidad	3	S/. 3.00	S/. 9.00
Fotocopiado material bibliográfico, libros		S/. 200.00	S/. 200.00
Empastado	3	S/. 30.00	S/. 90.00
Impresiones, paquete	1	S/. 200.00	S/. 200.00
Internet, mes	6	S/. 80.00	S/. 480.00
Teléfono, mes	6	S/. 40.00	S/. 240.00
		Sub total	S/. 1,219.00
Otros:			
Asesoría, asesor	1	S/. 800.00	S/. 800.00
Pasajes urbanos, mes	6	S/. 120.00	S/. 720.00
		Sub total	S/. 1,520.00
		TOTAL	S/. 6,222.00

Fuente: Elaboración propia

V.3.2.2 Gastos Operativos

En la Tabla 20; se tuvo en cuenta los gastos operativos de la propuesta al realizar el análisis de sensibilidad la cual se detalla a continuación:

Tabla 20 Gastos Operativos de la Propuesta

Item	Cantidad	Costo	Monto
Luz (Mes)	12	S/. 55.00	S/. 660.00
Agua (Mes)	12	S/. 7.00	S/. 84.00
Mantenimiento de galpones	3	S/. 3,060.00	S/. 9,180.00
Aves de Postura y Alimento	61098	S/. 42.40	S/. 2,590,555.20
Sanidad y Vacunaciones	61098	S/. 0.24	S/. 14,663.52
TOTAL GASTOS OPERATIVOS			S/. 2,615,142.72

Fuente: Elaboración propia

V.3.2.3 Gastos de Personal

Tabla 21 Gastos de Personal

Item	Cantidad	Costo	Monto
Persona para validación y aplicación del Modelo	1	S/. 5,000.00	S/. 5,000.00
Personal en Galpones	14	S/. 10,200.00	S/. 142,800.00
TOTAL GASTOS DE PERSONAL			S/. 147,800.00

Fuente: Elaboración propia

V.3.2.4 Costos Proyectados

Tabla 22 Costos Proyectados

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Materiales de consumo:						
Papel Bond A4 de 80 g, millar	S/. 48.00					
Cuaderno de 50 hojas, unidad	S/. 1.50					
Lapicero, unidad	S/. 0.50					
Lápiz, unidad	S/. 1.00					
Borrador, unidad	S/. 1.00					
Folder de manila, unidad	S/. 2.00					
CD, unidad	S/. 4.00					
Tóner, cartucho	S/. 200.00					
Sub total	S/. 258.00					
Equipos y Accesorios:						
Laptop	S/. 2,200.00					
Cámara Digital	S/. 800.00					
Disco Externo	S/. 225.00					
Sub total	S/. 3,225.00					
Servicios:						
Anillado, unidad	S/. 9.00					
Fotocopiado material bibliográfico, libros	S/. 200.00					
Empastado	S/. 90.00					
Impresiones, paquete	S/. 200.00					
Internet, mes	S/. 480.00					
Teléfono, mes	S/. 240.00					
Sub total	S/. 1,219.00					

Continúa:

Viene de página anterior:

Otros:

Asesoría, asesor	S/. 800.00					
Pasajes urbanos, mes	S/. 720.00					
Sub total	S/. 1,520.00					
TOTAL	S/. 6,222.00					
Gastos Operativos (Propuesta)						
Luz	S/. 660.00	S/. 660.00	S/. 660.00	S/. 660.00	S/. 660.00	S/. 660.00
Agua	S/. 84.00	S/. 84.00	S/. 84.00	S/. 84.00	S/. 84.00	S/. 84.00
Mantenimiento de galpones	S/. 2,100.00	S/. 2,100.00	S/. 2,100.00	S/. 2,100.00	S/. 2,100.00	S/. 2,100.00
Aves de Postura	S/. 2,590,555.20	S/. 2,590,555.20	S/. 2,590,555.20	S/. 2,590,555.20	S/. 2,590,555.20	S/. 2,590,555.20
Sanidad y Vacunaciones	S/. 14,663.52	S/. 14,663.52	S/. 14,663.52	S/. 14,663.52	S/. 14,663.52	S/. 14,663.52
TOTAL GASTOS OPERATIVOS	S/. 2,615,142.72	S/. 2,615,142.72	S/. 2,615,142.72	S/. 2,615,142.72	S/. 2,615,142.72	S/. 2,615,142.72
Gastos de Personal						
Persona para validación y aplicación del Modelo	S/. 5,000.00					
Personal en Galpones	S/. 142,800.00	S/. 142,800.00	S/. 142,800.00	S/. 142,800.00	S/. 142,800.00	S/. 142,800.00
TOTAL GASTOS DE PERSONAL	S/. 147,800.00	S/. 142,800.00	S/. 142,800.00	S/. 142,800.00	S/. 142,800.00	S/. 142,800.00
TOTAL	S/. 2,769,164.72	S/. 2,757,942.72	S/. 2,757,942.72	S/. 2,757,942.72	S/. 2,757,942.72	S/. 2,757,942.72

Fuente: Elaboración propia

V.3.2.5 Ingresos Projectados

En la Tabla 23; se obtuvieron los ingresos proyectados según los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad del modelo las cuales quedan como sigue:

Tabla 23 Ingresos Projectados

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78
TOTAL	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78

Fuente: Elaboración propia

V.3.2.6 Ingresos - Egresos

Tabla 24 Margen de Ganancia

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total Ingresos	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78	S/. 7,025,588.78
Total Egresos	S/. 2,757,942.72	S/. 2,757,942.72	S/. 2,757,942.72	S/. 2,757,942.72	S/. 2,757,942.72
Margen de Ganancia	S/. 4,267,646.06	S/. 4,267,646.06	S/. 4,267,646.06	S/. 4,267,646.06	S/. 4,267,646.06

Fuente: Elaboración propia

V.3.3 Flujo de Caja

En la Tabla 25; el flujo de caja obtenido nos permite ver el egreso en el periodo 0 y los ingresos obtenidos en los próximos 5 años la cual se detalla a continuación:

Tabla 25 Flujo de Caja Proyectado

Flujo de Caja					
Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
TOTAL S/. -2,769,164.72	S/. 4,267,646.06	S/. 4,267,646.06	S/. 4,267,646.06	S/. 4,267,646.06	S/. 4,267,646.06

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 12, se muestra el flujo proyectado obtenido para cinco periodos en forma gráfica, lo que permitió ver los resultados del análisis de sensibilidad considerando una tasa COK de 10.0% si consideramos el costo de oportunidad de inversión en fondos mutuos.

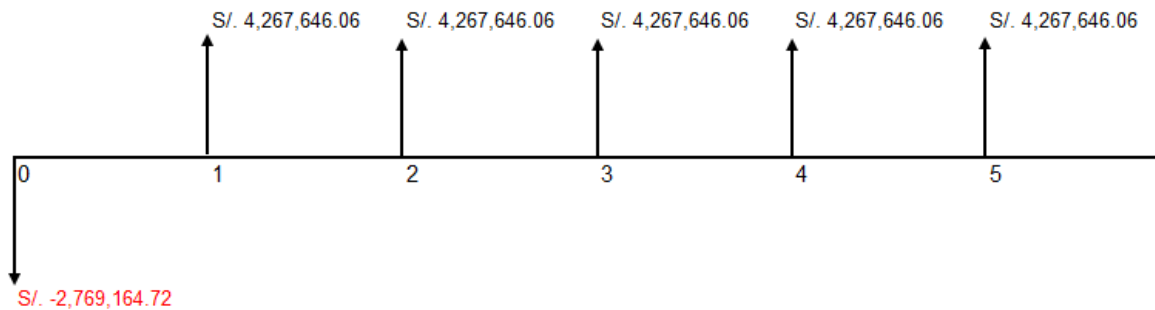


Figura 12 Flujo de Caja Proyectado

Fuente: Elaboración propia

Indicadores Económicos

Tabla 26 Indicadores Económicos

Tasa COK	10%
VA	S/. 16,177,736.22
VAN	S/. 13,408,571.50
TIR	153%
IR	S/. 5.84

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 26, se obtuvo un VAN > 0; este valor nos dice que se puede obtener una rentabilidad de S/. 13 408 571.5 soles en un periodo de cinco años, con este valor el modelo propuesto se acepta y es viable.

TIR > Tasa COK; La tasa interna de retorno es de 153% este valor es mayor a la Tasa COK de 10% si consideramos el costo de oportunidad de inversión en fondos mutuos, este indicador nos dice que se acepta y nos conviene optar por esta propuesta.

IR > 1; El índice de rentabilidad es de 5.84 la cual el valor es mayor que 1, por lo tanto nos dice que por cada sol invertido se gana 4.84 soles.

Tabla 27 Mejora de la propuesta

Producto	Antes	Después	Incremento
Aves de postura	31065	61098	30033
Ingresos			
Kg de Huevo	S/.2,805,169.50	S/.5,517,143.38	S/.2,711,973.88
Kg de Carne	S/.615,087.00	S/.1,209,740.00	S/.594,653.00
Sacos gallinaza	S/.151,877.00	S/.298,705.00	S/.146,828.00
Ingreso Total	S/.3,572,133.50	S/.7,025,588.38	S/.3,453,454.88

Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN

Los resultados hallados en el modelo matemático logran la optimización de las operaciones producto de los recursos y restricciones que maneja la empresa avícola cajamarquina, tratando de abstraer el modelo de acuerdo al planteamiento propuesto y teniendo en cuenta la realidad más aproximada de la empresa en cuanto a la producción de las aves de postura.

Estos resultados (Ver Figura 7) se suman al acervo de nuevos conocimientos que la empresa avícola dispone para poder tomar decisiones pertinentes para desenvolverse en este mercado; donde la demanda va en aumento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) que señalan que la producción de aves será 134.5 millones de toneladas para el año 2023 cifra que aporta la producción de aves de diversas avícolas en nuestro país, región y localidad.

La producción de las aves de postura teniendo en cuenta el índice de mortalidad proporciona a la empresa avícola obtener más de 31 mil aves en la actualidad (Ver Tabla 11) que genera ingresos considerables en cuanto a venta de huevos, carne de aves y producción de gallinaza como abono orgánico (Ver Tabla 14), el ingreso total generado es de más de 3 millones y medio de soles que permite a la empresa operar y tener liquidez en el corto y mediano plazo para ser competitivo en la localidad y poder crecer en el negocio.

Tal es así que en el análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos del modelo matemático se utiliza aquellas restricciones cuyo valor es cero y contribuyen a la función objetivo según el número obtenido en el precio dual o precio sombra (Dual Price), las cuales se tiene a la restricción de *tiempo* y el *requerimiento de aves de postura en el Galpón de Levante*. En cuanto a la última restricción antes mencionada del modelo se aumenta a 34 902 aves de postura adicionales modificando la inecuación hasta 41 902 aves de postura (Modelo Matemático) pudiendo aumentar la función objetivo a 63 431 aves (Ver Figura 11).

Con este aumento y contemplando el índice de mortalidad según las restricciones del modelo se obtiene alrededor de 61 098 aves de postura generando ingresos totales de más de 7 millones de soles (Ver Tabla 15) en cuanto a las ventas de huevos, carne de aves y gallinaza como abono orgánico. Aumentando de 3 572 133.5 soles a 7 025 588.78 soles la variación es positiva en 3 453 455.28 soles más en ingresos. (Ver Tabla 27)

Este aumento proporciona márgenes de ganancia considerables (Ver Tabla 24) según ingresos proyectados donde los índices económicos al ver el flujo de caja son aceptables para la propuesta planteada, $VAN > 0$, un $TIR > Tasa\ COK$ y un $IR > 1$. (Ver Tabla 26)

Los resultados de esta investigación toma en cuenta las características y los recursos disponibles si comparamos con otros estudios que se han realizado en lo que respecta a los sistemas productivos avícolas como es el de Granjeros Guaycura A.C. mencionado en los antecedentes según (Márquez, 2015).

Así también con este estudio se busca la optimización en la producción de aves de postura. Comparativamente con otro estudio tenemos el modelo de optimización para la planeación de la producción en una compañía productora de pavos según (Aldás, 2012) se optimiza el uso de las capacidades de las granjas considera la tasa de mortalidad de los pavos durante todo el proceso de crianza y, lo más importante, minimiza el costo de ingreso de los pavos bb a las granjas de engorde entre otros. O como la Optimización de la Cadena de Producción de Pollo utilizando Programación Matemática según (Montero, 2011) la programación matemática es muy utilizada en la industria avícola, sobretodo en empresas multinacionales de gran tamaño, siempre buscando mejorar las técnicas de producción en las diferentes áreas y procurando encontrar nuevas maneras de resolver los problemas.

Lo que se menciona es de vital importancia para que la empresa avícola tenga en cuenta y sepa que existe el interés de otras empresas en el mismo rubro, que tienen una ventaja competitiva al permitir realizar este tipo de estudios que tienen que ver con la investigación de operaciones. Como es sabido que la IO están diseñados para “optimizar” un criterio objetivo específico sujeto a un conjunto de restricciones, la calidad de la solución resultante depende de la exactitud con que el modelo representa el sistema real”. (Taha, 2012)

El modelo matemático diseñado para la empresa avícola cajamarquina permite identificar las variables, restricciones y la función objetivo para lo cual fue diseñado y nos muestra el mejor valor encontrado. Con él se ve cuáles son las variables importantes del problema y cómo se relacionan entre sí. Nos ayuda a operacionalizar las variables en base a ciertos patrones o indicaciones por los datos obtenidos y suministra una base cuantitativa para la toma de decisiones.

Puede existir otro tipo de modelamientos para esta empresa avícola pero ya depende del nivel de organización y estudios pertinentes que se puedan aplicar en él. Lo que se asienta con este trabajo es una base para otras investigaciones futuras, ayuda a ampliar la teoría del manejo de restricciones que son limitadas dentro de una empresa avícola, buscando su uso de la mejor manera posible. Permite manejar las restricciones de manera más eficiente que mediante un análisis de sensibilidad se pueda observar el aumento o disminución del lado derecho de las restricciones.

Aporta a la investigación dentro de la línea de la optimización considerando la medición de variables, que permiten hacer frente a los retos de las industrias de procesos y permite el acceso a información rápida; provee soluciones de ingeniería a empresas industriales y de servicios que buscan incrementar su productividad y optimización operativa en sus recursos.

CONCLUSIONES

Tras el estudio realizado se concluye que:

- Esta investigación permite determinar las restricciones de recursos que la empresa avícola tiene a disposición para la producción de aves de postura, tal es así que se logra diseñar el modelo matemático que permite encontrar lo óptimo según recursos y restricciones disponibles.
- Se identifica las restricciones que van a participar en el modelamiento como es el tiempo disponible de producción, la cantidad de alimento que se necesita para la crianza de las aves, el costo de producción de las aves, el nivel de mortalidad, así como los requerimientos máximos como los 7000 aves en el Galpón de Levante, los 12 500 y 14 000 aves en los Galpones de Producción 1 y 2 respectivamente, y los requerimientos mínimos en el proceso productivo.
- Se diseña el modelo matemático de la propuesta de desarrollo elaborando el planteamiento en base a la información obtenida de la empresa avícola mediante abstracción de la realidad para someterlo a software de LINDO y encontrar los resultados que tiene que ver con la función objetivo sujeto a las restricciones encontrando el valor de 31 065 aves de postura en un primer inicio obteniendo ingresos por venta de Huevos, Carne y Gallinaza en 3 572 133.5 soles.
- Se realiza el análisis de sensibilidad de los resultados del modelo matemático según el modelamiento original, permitiendo ver hasta cuanto pueda variar los valores del lado derecho de las restricciones como es el alimento y el requerimiento de aves de postura en el Galpón de Levante, llegando a un aumento de la función objetivo que es de 63 431 aves de postura. Permitiendo realizar la evaluación de ingresos menos los costos en donde los indicadores económicos son favorables obteniendo un VAN de 13 408 571. 50 soles proyectados a 5 años, un TIR de 153% y un IR de 5.84 soles.

RECOMENDACIONES

- La empresa puede apoyarse de los diferentes métodos y herramientas que proporciona la investigación de operaciones para tomar decisiones más certeras en base a análisis objetivos y concretos que se pueden hacer diseñando otros modelos matemáticos para la avícola.
- Contemplar la propuesta planteada para incrementar el negocio y poder cubrir la demanda de sus clientes tomando en cuenta la tendencia del mercado que en un futuro puede llegar a producir más aves de postura con una visión de expansión y distribución de sus productos.
- Tener en consideración más modelos que permitan un mejor desempeño operativo del proceso productivo de aves de postura buscando la optimización y eficiencia en sus recursos.
- Automatizar el acopio de la gallinaza en los galpones de Producción para proporcionar un ambiente más sano libre de infecciones y enfermedades y contribuir con el proceso productivo de las aves de postura.

REFERENCIAS

- Aldás, S. E. (Junio de 2012). Modelo de Optimización para la planeación de la producción en una compañía productora de pavos comerciales. El Caso de una empresa de la ciudad de QUITO. Quito, Ecuador.
- Eppen, G. D., Gould, F. J., Schmidt, C. P., Moore, J. H., & Weatherford, L. R. (2000). *Investigación de Operaciones en las Ciencias Administrativas* (5ta Edición ed.). México: PEARSON Prentice Hall.
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del Trabajo*. México: McGraw Hill Interamericana.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2006). *Introducción a la Investigación de Operaciones* (8va Edición ed.). México: Mc Graw Hill.
- Huanambal, F. B. (20 de Noviembre de 2014). *Monografías.com*. Recuperado el 15 de Febrero de 2016, de <http://www.monografias.com/trabajos103/sistema-bancario-peruano-historia-indicadores-bancarios-y-crisis-bancaria/sistema-bancario-peruano-historia-indicadores-bancarios-y-crisis-bancaria2.shtml>
- Márquez, H. R. (Setiembre de 2015). Sistema productivo avícola, caso de estudio: "Granjeros Guaycura A.C.". LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, México.
- Montero, W. E. (2011). Optimización de la Cadena de Producción de Pollo utilizando Programación Matemática. Guayaquil, Ecuador.
- Muñoz Castorena, R. V., Ochoa Hernández, M. B., & Morales García, M. (2011). *Investigación de Operaciones*. México: Mc GrawHill.
- Ortiz Salazar, J. A. (22 de Julio de 2013). *Manual de Gallinas Ponedoras*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/jaimeaugusto/manual-de-gallina-ponedora-sena>
- Taha, H. A. (2012). *Investigación de Operaciones*. Mexico DF: PEARSON.
- Universidad Politécnica, M. (22 de julio de 2017). *OpenCourseWare*. Obtenido de http://ocw.upm.es/produccion-animal/produccion-avicola/contenidos/TEMA_2/esquema-de-la-produccion-avicola
- Winston, W. L. (2005). *Investigación de Operaciones*. México DF: Thomson.

Tendencias Avícolas mundiales. Recuperado el 01 de julio de 2017 de:

<http://www.elsitioavicola.com/articles/2673/tendencias-avacolas-mundiales-2014-baja-la-participacion-de-america-en-la-produccion-mundial-de-pollo/>

ANEXOS

Anexo n° 1: Formato de Cuestionario para la Entrevista.

INSTRUCCIONES: Con el propósito de completar el proceso de entrevista a continuación, se presenta una serie de preguntas las cuales deberá responder de manera objetiva.

1. ¿Cuánto es el tiempo de producción disponible para aves de postura en Galpón de Levante?
2. ¿Cuánto es el tiempo de producción disponible para aves de postura en Galpón de Producción?
3. ¿Cuál es la cantidad de alimento para aves de postura en Galpón de Levante y Producción?
4. ¿De qué insumos está compuesto este alimento?
5. ¿Cuánto es el nivel de mortalidad de las aves de postura?
6. ¿Cuánto es el costo de producir un ave de postura?
7. ¿Cuál es el requerimiento mínimo de pedido de tipo de ave?
8. ¿Cuál es el requerimiento máximo de pedido de tipo de ave?
9. ¿Cuál es el beneficio que se tiene al producir las aves?
10. ¿Qué pasa si se aumenta o disminuye alguna restricción?

Anexo n° 2: Programa Sanitario para gallina ponedora en etapa de levante.

SEMANA	ACTIVIDAD
1 – 3 días	Antibiótico más vitaminas y electrolitos en el agua.
Antes de los 7	Despique temprano más vacuna contra New Castle (virus vivo al ojo). Un día antes y durante tres días, vitamina K en el agua.
Segunda	Vacuna contra viruela aviar.
Tercera	Vacuna contra New Castle combinada (oleosa inyectada y virus vivo al ojo) al siguiente día y durante dos días, antibiótico más vitaminas con electrolitos.
Sexta	Vacuna contra viruela aviar.
Octava	Redespique más vacuna contra New Castle (virus vivo al ojo) un día antes y durante tres días, vitamina K en el agua.
Décima	Vacuna contra coriza aviar inyectada.
Doce	Vacuna contra coriza aviar inyectada.
Catorce	Vacuna contra el cólera aviar inyectada.
Dieciséis	Vacuna contra el cólera aviar inyectada.
Dieciocho	Vacuna contra New Castle combinada (oleosa inyectada y virus vivo al ojo) al siguiente día y durante los días, antibiótico más vitaminas con electrolitos.
	Antes del traslado a la galera de producción, desparasitación interna.

Fuente: Manual de Gallinas Ponedoras – slide 27 (Ortiz Salazar, 2013)

Anexo n° 3: Programa de vacunación de la Gallina Ponedora.

SEMANA	VACUNA	VÍA
1er día	Marek	Punción Alar
7mo día	New Castle + Bronquitis Aviar + Gumboro	Gota Ocular
Tercera	New Castle + Bronquitis Aviar + Gumboro	Gota Ocular
Sexta	Viruela Aviar	Punción Alar
Octava	Coriza Infecciosa	Inyección Pechuga
Décima	Gumboro	Agua de bebida
Catorce	New Castle + Bronquitis Aviar + Gumboro Despique	Inyección Pechuga

Fuente: Manual de Gallinas Ponedoras – slide 35 (Ortiz Salazar, 2013)