

**DESARROLLO DE UN MODELO DE MICROMUNDO PARA UNA GRANJA
DEL SECTOR AVÍCOLA**

**JULIAN CAMILO ROJAS RUIZ
JOHAN MONTAÑO OROBIO**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
NOVIEMBRE 2018**

**DESARROLLO DE UN MODELO DE MICROMUNDO PARA UNA GRANJA
DEL SECTOR AVÍCOLA**

**JULIAN CAMILO ROJAS RUIZ
JOHAN MONTAÑO OROBIO**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Director proyecto
FERNANDO ARENAS**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
NOVIEMBRE 2018**

Contenido

Contenido	3
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	8
1 CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.1 Contexto del problema	10
1.2 Justificación.....	13
1.3 Formulación de la pregunta problema.....	13
2 CAPÍTULO II. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo del Proyecto	14
2.2 Objetivos Específicos	14
2.3 Entregables	14
3 CAPITULO II MARCO DE REFERENCIA	15
3.1 Antecedentes o estudios previos	15
3.2 Marco Teórico	15
3.2.1 Cadena de suministros.	15
3.2.2 Dinámica de sistemás.....	18
3.2.3 Modelo de Micromundo.	18
3.3 Contribución intelectual e impacto del proyecto:	19
4 CAPÍTULO IV. METODOLOGIA	20
4.1 Documentación y revisión de fuentes bibliográficas.....	22
4.2 Explicación de las funcionalidades del Software	¡Error! Marcador no definido.
4.3 Descripción del modelo	¡Error! Marcador no definido.
4.4 Simulación de vuelo	¡Error! Marcador no definido.
5 BIBLIOGRAFÍA	37

Lista de figuras

Figura. 1 Consumo de huevo Per cápita en Colombia, Desde el año 2010 hasta el 2016.	10
Figura. 2 Hábitos de desayuno y producción de huevos por regiones	11
Figura. 3 Precio promedio del huevo en Latinoamérica	12
Figura. 4 Cadena de abastecimiento Sector Avícola.....	16
Figura. 5 Tipo de huevo por etapa.	22
Figura. 6 Diagrama de subsistemas.....	23
Figura. 7 Cohorte de Pre-postura.....	24
Figura. 8 Modelo demográfico.....	25
Figura. 9 Fase I predicción de demanda	25
Figura. 10 Fase II Producción de Huevos	26
Figura. 11 Fase III Gasto y Mortalidad	27
Figura. 12 Fase IV Sistema financiero y de Inventarios	30
Figura. 13 Interfaz de la simulación de vuelo	31
Figura. 14 Indicadores Logísticos.....	31
Figura. 15 Indicadores Financieros.	32
Figura. 16 Fotos de experimento.....	34

Lista de Tablas.

Tabla 1 Costos Fijos para la manutención de una granja del sector avícola....	23
Tabla 2 Demanda de huevos	26
Tabla 3 Etapas de la gallina ponedora y sus características.....	28
Tabla 4 Costos de Levante Máximo	28
Tabla 5 Mortalidad Etapa de Levante.....	29
Tabla 6 Primera Corrida de los estudiantes de dinámica de sistemás.....	33
Tabla 7 Segunda Corrida de los estudiantes de dinámica de sistemás	33

Lista de Anexos.

ANEXO. A Guía de Manejo del Modelo Avi Word. ¡Error!	Marcador	no
definido.		
ANEXO. B Producción de Huevos etapa de Pre-Postura		39
ANEXO. C Producción de Huevos etapa de Producción		39
ANEXO. D Consumo de Alimento Etapa de Levante		41
ANEXO. E Consumo de alimento etapa de Pre-Postura.....		41
ANEXO. F Costo de Pre-Postura Máximo.....		44
ANEXO. G Costo de Producción Máximo.		44
ANEXO. H Porcentaje de Mortalidad etapa de Levante		44
ANEXO. I Porcentaje de Mortalidad etapa de Pre-postura		45
ANEXO. J Porcentaje de Mortalidad etapa de Producción.		45
ANEXO. K Mortalidad Etapa de Pre-Producción.....		47
ANEXO. L Mortalidad etapa de Producción.		47

RESUMEN

El proyecto de grado que se desarrollará a continuación surge a raíz del comportamiento en el sector avícola en Colombia; específicamente en las gallinas de tipo Hy-Line Brown¹, ya que se destaca por su excelente nivel de persistencia en producción y un tamaño de huevo de alta calidad. Esta elaboración de tesis está hecha con el fin de entender y modelar los cambios que implican el crecimiento que ha tenido este sector en nuestro país, puesto que, según la página del tiempo, lo ubica en el tercer puesto en Latinoamérica detrás de México y Brasil. Lo anterior se fundamenta porque se logró una cifra histórica de 13.827 millones de unidades de huevos; es decir, más de 1.150 millones de huevos al mes y con un incremento de 7,7% en comparación al 2017.

Asimismo, la página de Fenavi publicó que el número de aves que ingresaron a las granjas, para realizar la producción, fueron mucho más de 817 millones (20 millones más que para el año 2016); es decir, que calculan un crecimiento de 2,6% por año. Esto sin contar con el impacto de la inflación, debido a que, para noviembre de 2017 según datos del DANE, fue negativo en el caso de los huevos (-4,9%), lo quiere decir que es necesario conocer el comportamiento del sector porque vender en mayor volumen, no implica una buena rentabilidad.

Así pues, se consultaron variedades de fuentes bibliográficas y se desarrolló un modelo de simulación de la cadena de abastecimiento del sector avícola basado en Dinámica de Sistemas, con un software útil en la ingeniería llamado STELLA ARCHTIEC. A su vez incluye variables económicas y demográficas susceptibles de modelación, que evidencian el comportamiento del sector, tales como gastos por etapa, muertes por etapas, tiempos de permanencia, pronósticos de demanda, entre otras. Además, como se verá más adelante, se establecieron tres grandes subsistemas dentro del modelo (finanzas, demanda y producción), que en conjunto ofrecen un panorama general del comportamiento del sector y un primer acercamiento a su dinámica con análisis de sensibilidad. Por lo que el modelo de simulación pretende establecer la mejor relación de nivel de actividad entre gastos y utilidad para traer beneficios económicos que compensen, en el corto y largo plazo, la razón social de la granja.

Finalmente se va a mostrar, tras varias simulaciones, los escenarios que proyectan la situación económica del sector avícola en diferentes periodos de tiempo.

¹ Tipo de gallina de huevo comercial marrón mejor balanceada del mundo.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la industria productora de huevos se ha caracterizado por tener un crecimiento, en promedio, del 2% anual en la cadena de abastecimientos. Según la página **avicultura.info**, gracias a las necesidades y factores que impliquen la compra del producto, la industria avícola tuvo un crecimiento de 3.6% en relación con el mismo período para el año 2017. Es decir que, entre el primer trimestre del año, sacó al mercado 3.7 millones de unidades de huevos; mientras que para el año anterior fueron 3.27 millones de unidades. Se habla entonces de un crecimiento en un 12% en cuanto a la producción en los últimos seis años.

Para el presidente de Fenalco, Guillermo Botero, una causa del crecimiento del consumo de huevo está ligado a que los avicultores han logrado impulsar este producto demostrando sus beneficios y aseguró que, a mediano plazo, el consumo per cápita de cada colombiano podría ser de 365, es decir, un huevo diario por persona.

Al mismo tiempo, como se está tratando con seres vivos, la logística con estas aves es diferente como lo explica las guías de manejo Lohan² y Hy-Line. Estas señalan que una de las mayores influencias en las muertes y baja producción, es la reducción de gastos en las etapas de pre-postura, levante y producción; que serán explicados más adelante. Todavía cabe señalar que, durante el primer trimestre de 2018, el número de aves que sumaron como parte de la población avícola fue de 10,14 millones, según la misma página. Esto quiere decir que fue menor en 8.2%, en comparación al 2017 que fue de 11,05 millones. Lo proyectado en el año es de 42,28 millones (o sea un decrecimiento de 1,4%) porque el interés está en el ingreso de las pollitas que se contó con 194,36 millones, creciendo un 4,9% con respecto al 2017.

Estas decisiones son estudiadas debido a que, como lo señala Rubén Darío Echeverry Romero en su tesis "*identificación de los principales factores que afectan el desempeño competitivo del subsector avícola en el Valle del Cauca*", hay complejidades dentro de la cadena de abastecimientos que afectan el desarrollo de éste. Los más destacados son tres: **factores geoeconómicos**, como la alta concentración de la propiedad de la tierra, costos de producción y la falta de un plan de ordenamiento en el pedido de pollitas; **factores socioeconómicos**, como consecuencias con el estilo de administración, escaso poder de negociación con intermediarios y desconocimiento del comportamiento de la demanda. Y finalmente **factores políticos**, como control de precios internos y tratados de integración comercial. Por estas razones él concluye que no conocen cómo se mueve el crecimiento del sector, y esto hace que la producción de huevos tenga déficit en algunos trimestres del año.

Por lo tanto, la propuesta que se podrá evidenciar es un simulador de vuelo que permite al usuario interactuar con diagramas de sistema, donde se pueden

² Tipo de gallina ponedora de huevo comercial destacado por su tamaño.

simular a lo largo del tiempo. Al estudiar estos diagramas, podrá comprender mejor el comportamiento de ese sistema e identificar áreas de mejora.

1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Contexto del problema

El crecimiento del consumo de huevo tiene como beneficio una participación económica más alta en el sector. Según el economista Diego Santacruz (El Tiempo) a pesar del bajo crecimiento y las deficiencias en indicadores de la población, Colombia es un mercado potencial de crecimiento para el consumo de los hogares a nivel continental. Esto se debe a la necesidad que tienen los colombianos de obtener un alimento que se ajuste a sus exigencias.

Gracias a dicho comportamiento, y teniendo en cuenta los diversos cambios sociales y estructurales que se presentan en la industria del país y en el mundo en general, la producción en el sector avícola ha ido evolucionando y creciendo con el paso de los años hasta llegar al estado en el que se encuentra actualmente. Por estas situaciones se dan proyecciones para las granjas, con el fin de ajustarse ante este hecho y a su vez, mejorar el estado financiero interno.

Fenavi ³ calculó que la producción avícola creció en un 5,6 % en el año 2016. Según la página web (portafolio, 2017), de acuerdo con los análisis de la Federación, en el renglón de huevo, la producción pasó al rango de los 1.000 millones de unidades mensuales, alcanzando el máximo techo de producción en el mes de noviembre del 2017 (1.082 unidades), con un total de 12.872 millones de huevos en el año, lo que representó un crecimiento del 6,6 %.

Todo lo mencionado anteriormente, se puede comprobar con ayuda de la **Figura. 1** donde muestra la demanda creciente que se presenta en el consumo de huevos per cápita en un año.

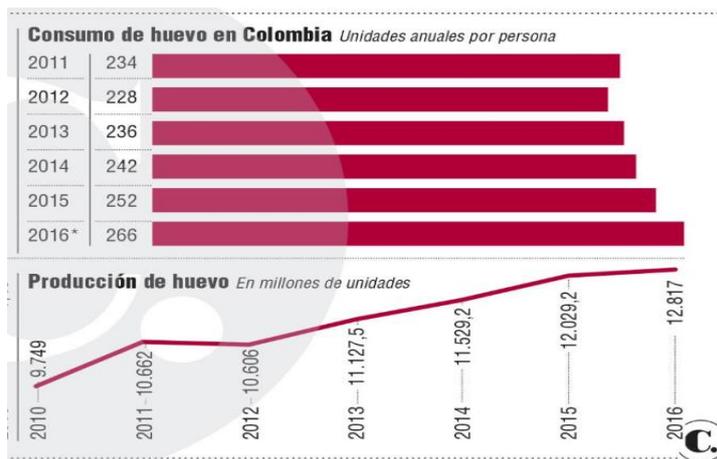


Figura. 1 Consumo de huevo Per cápita en Colombia, Desde el año 2010 hasta el 2016.

Fuente: (Rojas, 2017)

³ Federación Nacional de Avicultores.

Además, como los avicultores han empeñado métodos de crecimiento en el sector, se han encontrado con dificultades que generan pérdidas significativas en algunos periodos. Por esta razón necesitan de un estudio y simulación de la evolución a futuro; en especial cuando en la actualidad han surgido nuevas temáticas diferentes a la de la situación económica del país que entrarían a afectar su comportamiento.

Según fuentes de Fenavi, la venta de huevos en el país mueve unos 2.000 millones de dólares al año. Además, la radio caracol aseguró que, actualmente, las ciudades con las cifras más altas en materia de consumo de huevos son: Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, el eje cafetero y la Costa Atlántica. En las investigaciones de Camilo Herrera (CEO) de Raddar ⁴, 8 de cada 10 hogares colombianos se consume huevos en el desayuno, de modo que, según él, a pesar de la gran variedad y abundancia de desayunos en el mercado (diferentes opciones que existen hoy en día), los colombianos siguen siendo muy tradicionales, lo que hace que el huevo uno de los productos más representativos en el país. La figura 2 muestra lo anteriormente mencionado para el año 2014.

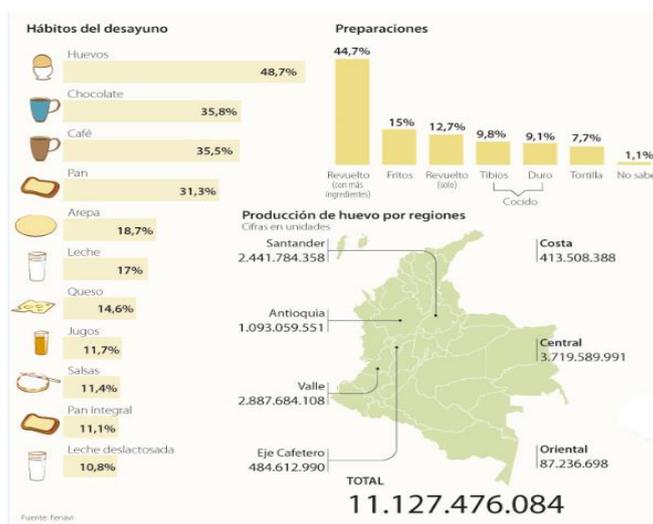


Figura. 2 Hábitos de desayuno y producción de huevos por regiones
Tomado de: (Republica, 2014)

En cuanto a la producción, la guía de manejo que se utiliza en las aves de tipo Hy Line- Brown, explica que cuando se tienen aves para la postura de huevos, se requiere también que una gran cantidad de éstas también esté en producción, y es preferible que permanezcan en esa etapa el mayor tiempo posible. Como en el negocio avícola es difícil obtener aves en producción, es necesario comprar un lote de gallinas recién nacidas (incubadas) y criarlas. Entonces es recomendable el siguiente procedimiento de cría:

- Pre- iniciación: día 1 a 14 de vida.
- Iniciación: día 15 a semana 8 de vida.
- Levante: semana 9 a 17 de vida.

⁴ Centro de pensamiento dedicado a entender y estudiar al consumidor.

- Pre-postura: semana 18 a la 24 de producción.
- Producción: semana 25 a la semana 100.

Cuando el ave cumple las 100 semanas de edad se saca del galpón y se empieza nuevamente el proceso de cría con otro lote de recién nacidas. Para lograr que las gallinas produzcan adecuadamente, se deben incurrir en unos gastos que fueron afectados por las alzas registradas en el inicio del 2017.

Por esta razón los precios del huevo por unidades, desde la segunda mitad del 2017, oscilan en promedio entre los 280 y 380 pesos colombianos, independiente del impacto que podría recaer en los insumos que implica la producción avícola; así mismo lo manifestó Érica Montaña Orrego, directora de Fenavi en Antioquia. Esta estabilidad es otra de las causas por las que el huevo se vende fácilmente, la única vez que subió abrupto su precio fue para el 2017 en un incremento de 100 pesos. Entonces se estimó que, de acuerdo con la central Mayorista, el precio promedio del huevo A es de 280 pesos; el AA a \$290; el AAA a \$360; mientras que el tipo yumbo cuesta \$380.

Este negocio que logra mover al año hasta unos \$2,9 billones, vende 90% de su producción en cáscara (fresco), es decir, la tradicional presentación en cubeta que se compra para el consumo recurrente en supermercados y tiendas, y una pequeña parte de esta industria está dando el salto de los valores agregados que llevó a hablar de ovoproductos, cuyo término está haciendo referencia a aquellos procesos industriales que busca llevar al sector avícola tecnología e innovación para trascender el estado primario en fresco. De acuerdo con Fenavi, son entre seis y siete las empresas que entraron con este nuevo sistema de producción.



Figura. 3 Precio promedio del huevo en Latinoamérica
Tomado de: (La Republica, 2017)

1.2 Justificación

Se espera que el usuario pueda entender y aprender sobre el sector avícola y cuáles son las variables que afectan el modelo micromundo que ha sido elaborado. Así, por medio de esta herramienta pretendemos desarrollar un criterio de forma pedagógica que identifique aspectos de mejoras dentro del sector. Además, se puede considerar flexible al permitir la participación de distintas personas con variedad de estilos administrativos y genera, para cada usuario, ambientes simulados dependiendo de las variables de interés alteradas.

1.3 Formulación de la pregunta problema

¿Cuáles son las variables y políticas que más influyen en el desempeño de una empresa productora de huevos?

La idea es usar el software para estudiar la empresa productora de huevos con las variaciones que se presentan. Por esto, brinda la posibilidad de usar datos históricos para ejecutar y conocer su tendencia, y tiene en él fórmulas matemáticas que asigna dependencias; es decir que permite insertar variables reales como políticas de compras, gastos por semanas, fracción de demanda, ajuste de gallinas y demás, con el fin de construir un escenario que se acerque a la realidad y pueda estimar costos. Además, trae consigo un sistema financiero que muestra cómo se comporta éste dependiendo del contenido de este, cuyas opciones están en interactuar con las variables. Por lo que el ideal es simular sin afectar el buen desempeño, para reducir costos o gastos o mejorar las utilidades.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo del Proyecto

Desarrollar un modelo de micromundo que permita a sus usuarios aprender sobre el comportamiento de la cadena de abastecimiento del sector avícola.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar los procesos asociados a la cadena de abastecimiento de este sector, con el fin de tener un mayor entendimiento del contexto de este.
- Elaborar una simulación basada en Dinámica de Sistemas, que servirá como punto de partida para el desarrollo de un modelo de micromundo.
- Desarrollar un modelo de micromundo con la finalidad de crear una herramienta pedagógica que permita a las personas tomar decisiones en ella.
- Diseñar una guía que permita a los usuarios entender las funcionalidades del modelo, los diferentes procesos que interactúan dentro de él y realizar cambios en sus funcionalidades; si esto es necesario.

2.3 Entregables

1. Informe en el que se resume, detallada y depuradamente, un número, con no menos de 10 fuentes bibliográficas confiables, que permiten el desarrollo de la investigación.
2. Modelo de micromundo basado en dinámicas de sistemas.
3. Guía del modelo, en la cual se explicó de forma pedagógica las funcionalidades de la herramienta.

3 MARCO DE REFERENCIA

3.1 Antecedentes o estudios previos

Anteriormente se han realizado diversos estudios para modelar la producción de granjas dedicadas a la producción avícola, basándose principalmente en métodos estadísticos o en eventos discretos. Entre estos se destaca el trabajo de tesis de J. Paz del Instituto Tecnológico de Monterrey (2007), que crea un modelo de simulación para una granja avícola que evalúa la rentabilidad de ésta, y el modelo lo define como una plataforma teórica para el uso en la construcción del sistema de apoyo para la toma de decisiones en la avicultura. También está el trabajo de H. Ochoa y F. Ramírez (1995), en donde hacen un cambio del programa de alimentación del pollo de engorde y su efecto económico en el tiempo y peso del mercado, con el fin de estimar los gastos que se dan en cada una de las etapas por las que pasa las aves. Adicional a este, se tomó como referencia el texto de F. Revendatti, J. Rafart y R. Fernández (2005), llamado *Rendimiento reproductivo en cruzamiento entre razas tradicionales productoras de huevo y carne*, que describen la forma en cómo participan los gastos en las tasas de mortalidad de las gallinas; es decir, principalmente el texto da a entender que, por ser un sector de producción de seres vivos, se debe poder estimar las muertes por etapas para poder establecer el factor de compra.

Asimismo, en nuestra búsqueda hemos podido encontrar información en fuentes de relevancia en el sector como: Fenavi (2017), y la guía de manejo de las ponedoras comerciales Hy-line Brown. Siendo la última una fuente donde se encontró información sobre la tasa de mortalidad de las ponedoras en sus primeros años de vida, consumo de alimento, tasa de producción, tipo de huevo producido según su edad en semanas, entre otras cosas.

3.2 Marco Teórico

Para la realización adecuada de este trabajo de grado, nos parece conveniente presentarle al lector algunos conceptos y teorías que ayudaran a este a comprender mejor la finalidad de este.

3.2.1 Cadena de suministros.

Según el planteamiento de (Ronald H. Balou, 2004), se puede definir la cadena de abastecimiento como una serie de actividades funcionales, que se encuentran relacionadas con la preparación y distribución de productos terminados o semi-elaborados, así mismo, se puede determinar como el procedimiento que se encarga de planificación y coordinación de las tareas a cumplir, para de esta manera, poder realizar la búsqueda obtención y transformación de distintos recursos. Con esto, se puede segmentar la cadena de abastecimientos en tres etapas: la primera de estas, que es donde se trata del suministro de materia prima y/o producto en proceso, es en donde se establecen los diferentes criterios que se ven relacionados con la compra, planificación, distribución de materiales asociados con el proceso productivo. En la segunda, tenemos la fabricación que es donde se convierte estos insumos en productos terminados. Y, por último, tenemos la Distribución que es el procedimiento que se asegura de que dichos

productos finales llegan al consumidor a través de una red de distribuidores, almacenes y comercios minoristas.

Adicional a esto, los autores: (Alfredo Beltrán y Angélica Burbano, 2002) en su artículo sobre los modelos de Benchmarking de la cadena de abastecimiento para Pymes manufactureras, definen la cadena de abastecimiento, como la integración de procesos claves del negocio, que van desde los proveedores hasta el usuario final y proporcionan productos, servicios e información que agregan valor a los clientes y demás implicados.

De esta manera, al hacer una comparación entre los hechos antes mencionados y el conocimiento que se tiene sobre la cadena de abastecimiento del sector avícola, se realizó este diagrama que representa un esquema de dicho sector:

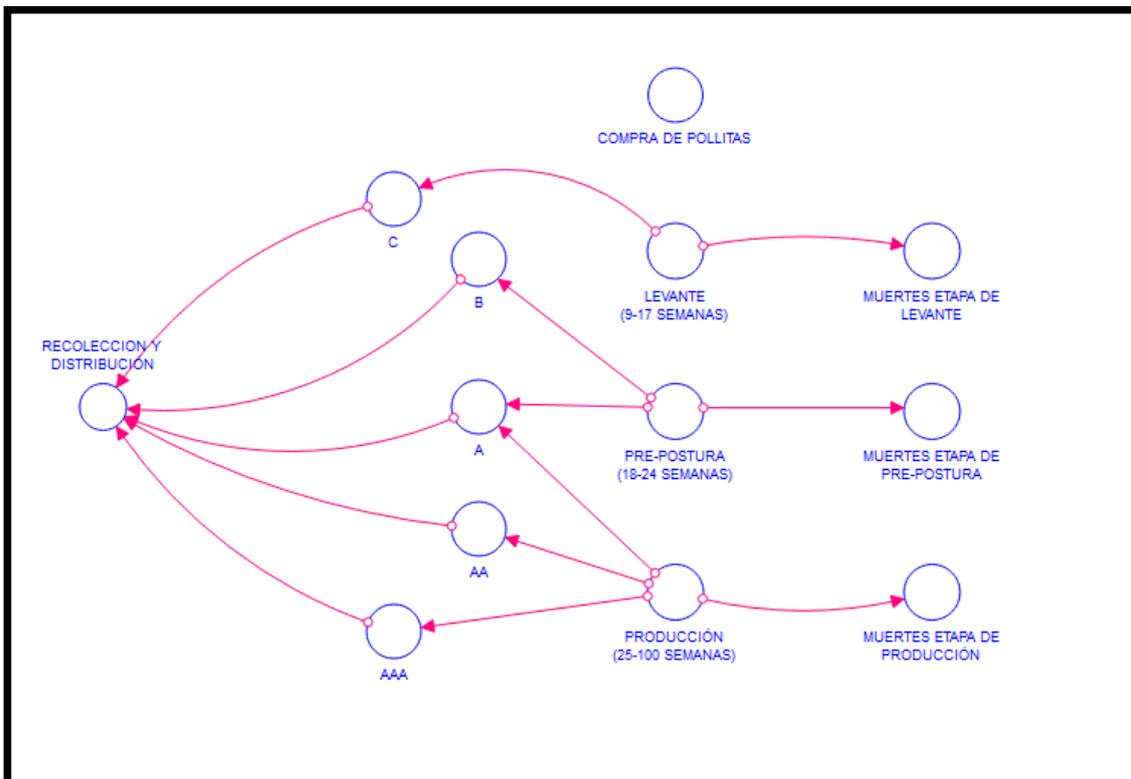


Figura. 4 Cadena de abastecimiento Sector Avícola

Fuente: Creación propia a partir de la guía de Manejo para ponedora Hy-Lyne Brown

En diagrama se puede evidenciar, como se encuentran relacionadas las diferentes actividades que se dan dentro de la cadena de suministro de este sector, como lo son la compra de pollitas, en donde para este trabajo se establecerá como política de compra, pollitas que se encuentren entre la semana 9 y 10 de vida. Es decir, pollas que se encuentren en la etapa de levante. Por otra parte, La mortalidad que se tiene en cada una de las etapas es inversamente proporcional con los gastos que se realice para la manutención de estas. En otras palabras, a medida que se haga mayor gasto en el cuidado de las pollitas la mortalidad de las pollitas disminuirá. Adicional a esto, se tiene en cuenta el inventario y la producción de huevos, que, en el caso de este último proceso productivo, tiene algunas peculiaridades, como lo es el tipo de huevo puesto en

cada una de las etapas, donde este puede ser C, B, A, AA o AAA, y se es valorizado en el mercado según esta calificación.

3.2.2 Dinámica de sistemas.

Teniendo en cuenta el planteamiento (Sterman, 2000) , se puede decir que, de la misma manera que un simulador de vuelo ayuda a un piloto a aprender, la dinámica de sistemas es un método que es utilizado particularmente para la interpretación de sistemas complejos y el desarrollo de modelo de simulación, utilizando medio tecnológicos. Estos permiten entender y suponer el comportamiento de las diferentes partes que integran un sistema. Por esta razón, el entendimiento de un sistema dinámico, como lo es la cadena de suministros de una granja avícola, no es una tarea sencilla puesto que, al tratarse de un proceso productivo que involucra a animales vivos, es necesario la aplicación interdisciplinaria de diferentes áreas el conocimiento y no solo el conocimiento técnico relacionado con las ciencias exactas. De esta manera, es muy importante la integración y comprensión de los diferentes factores que interactúan en el medio para poder de esta manera, realizar una correcta formulación del sistema y la interacciones que se ven manifestadas dentro de él, Todo con el fin de implementar políticas efectivas de mejoramiento.

Para lograr realizar todo el proceso antes mencionado, la dinámica dentro de los sistemas, y por ende su correcto funcionamiento, se basa en la recepción de respuestas a alteraciones en el mundo real que se manifiestan mediante cambios y decisiones que son puestas en marcha en él sistema. Las cuales, son asociados a ciclos, que, según el autor, son principalmente de dos tipos: ciclos reforzadores, que como su nombre lo indican, refuerzan el comportamiento o la tendencia del ciclo y los ciclos compensadores, que tienen un efecto balanceador y se encargan de cambiar la tendencia del ciclo a un comportamiento específico. Al lograr un entendimiento del comportamiento de estos ciclos se puede llegar a tomar decisiones acertadas que permitirán dar el enfoque deseado al sistema.

3.2.3 Modelo de Micromundo.

Los modelos de micromundo o las simulaciones de vuelos se pueden definir como subconjuntos de la realidad, los cuales tienen como característica fundamental replicar o simular las experiencias que se viven en una situación específica. Una de las peculiaridades de estos modelos, es la posibilidad de observar las consecuencias de las múltiples interacciones de los elementos de un sistema a través del tiempo, Adicionalmente, los micromundo permiten la interacción de los usuarios con los modelos, mediante la toma de decisiones, generando de esta manera un escenario de lo que podría pasar en la realidad si se siguen los lineamientos que ha dado el usuario.

Por esta razón, estos modelos se han utilizado de forma pedagógica y vivencial permitiendo a sus usuarios el aprendizaje acerca de cómo es el comportamiento que se generan a partir de las decisiones que toman. Este es el argumento con el cual se realizó el artículo de investigación científica y tecnológica Micromundo: Alternativa para la enseñanza, de (Guerrero, 2006) en donde se plantea que la educación tradicional ha dado un giro hacia otros tipos de educación, que se centra en mejorar los procesos individuales de la enseñanza y el aprendizaje,

con la ayuda de las tecnologías de la información y comunicación (TICs). Por este motivo nace la implementación de los modelos de micromundo en los procesos de aprendizaje, estas nuevas herramientas tienen un potencial en la ayuda del entendimiento de distintos procesos y en la modelación de los mismo. En este punto, cabe aclarar que estos modelos deben estar orientados a que sus usuarios puedan utilizarlos de una manera sencilla, pero sin perder las características que hacen interesantes las dinámicas de los sistemas.

3.3 Contribución intelectual e impacto del proyecto:

Después de realizar un análisis a los antecedentes y el marco teórico que hacen parte de este proyecto de grado, se aplicarán conocimientos técnicos adquiridos durante el transcurso de la carrera, especialmente en simulación y empleado herramientas de dinámicas de sistemas y modelos de micromundo, que permitirán el desarrollo de la herramienta pedagógica que ayudará a la formación de personas capaces de entender y controlar la cadena de suministros del sector avícola.

Adicionalmente, se abre la oportunidad de que personas que no estén involucradas en el sector conozcan un poco más del funcionamiento de este y por medio de la herramienta exploren el funcionamiento de una cadena de abastecimiento que involucra para su funcionamiento a animales vivos. Así como también, el modelo y sus resultados pueden ser utilizados como referente para el desarrollo de diferentes propuestas para el sector avícola.

4 METODOLOGIA

Para poder desarrollar adecuadamente este proyecto, se realizó una serie de pasos que permitió mantener una buena coherencia y cumplir con los objetivos plantados.

4.1 Documentación y revisión de fuentes bibliográficas

Al momento de dar inicio al proyecto, se analizaron y revisaron fuentes bibliográficas para obtener un panorama general de la dinámica en el sector avícola, y las posibles variables que intervienen en él. Esta etapa fue importante debido a que con esto se logró encontrar bases sólidas en las que se fundamentó la investigación.

Muchas de las fuentes bibliográficas empleadas hicieron referencia a trabajos de grados y guías de manejo, como es el guía de manejo para las Hy Line Brown, que expone en forma clara y sencilla un programa para la explotación de huevo comercial. Adicional a esto, se tuvieron en cuenta las investigaciones de algunos académicos o expertos que han trabajado antes en simulaciones basadas en dinámicas de sistemas, que tratan temas referentes al control de variables en la etapa de producción de huevos.

4.2 Desarrollo de los modelos

En cuanto se finalizó la primera etapa de este proyecto, se desarrollaron dos modelos de simulación. Uno de estos modelos correspondía a descripción mediante dinámica de sistemas del comportamiento de una hipotética granja avícola. En este modelo se caracterizaron variables como: la compra de las pollitas, las etapas del **modelo demográfico**⁵, la tasa de mortalidad, la tasa de producción, el inventario, entre otras. Lo que se hizo con estas variables fue determinar su valor en base a la información recopilada anteriormente y luego relacionarlas de forma lógica. Es decir, que después de realizar el proceso de simular esta arrojará resultados de forma lógica.

Después de realizar todo lo anterior, se procedió a hacer el desarrollo del modelo de micromundo. En donde se tomaron como **variables exógenas**⁶, la compra de pollitas y el factor de gastos, los cuales serán las variables que servirán como puente entre las decisiones que tome el usuario y el modelo. Por otra parte, se vio la necesidad de implementar algunos indicadores financieros y de nivel de servicio que permitirán al usuario, de manera gráfica, saber cuál es la situación que se está presentando en el modelo.

⁵ **Modelo demográfico**: se refiere a un proceso mediante el cual, una población pasa de una situación de alta natalidad y mortalidad a otra de baja natalidad y baja mortalidad.

⁶ **Variables exógenas**: variables que no se encuentran determinadas dentro del proyecto.

Adicional a esto, se realizó una guía de manejo del modelo en donde se presentaba de forma coherente y sencilla las funcionalidades de este, y se podrán resolver dudas en cuanto a problemas que se puedan llegar esto.

4.3 Validación del modelo

Una vez construido el modelo de micromundo y con las variables establecidas, se realizó una validación experimental de mismo con la intención de comprobar la lógica del modelo. (Stermán, 2000), esta validación se realizó con ayuda con los estudiantes de dinámicas de sistemas del semestre 2018-2, los cuales hicieron uso del modelo de simulación y de la guía de manejo de este para entender como es la dinámica que manejan este tipo de granjas.

La validación permitirá la estructuración final del modelo, con las posibles correcciones que se consideren apropiadas durante esta etapa que cubre la metodología. También, esto será fundamental, para comprobar la viabilidad de la estructura que se ha manejado en el mismo.

Uno de los aspectos principales a tener en cuenta al momento del análisis son las características de cualquier ser vivo. Esto porque es un proceso complejo debido a que algunos modelos, como este, tiene ajuste e interpretación biológica. Además, en la mayoría de los casos los fenómenos que esperan ser modelados tienen una estrecha relación con factores externos y por la variación de las observaciones en el tiempo.

5 RESULTADOS

Para poder desarrollar adecuadamente este proyecto, se seguirán una serie de pasos que permitirán mantener una buena coherencia y cumplir con los objetivos planteados.

5.1 Documentación realizada para el modelo.

Con la finalidad de cumplir el primer objetivo, se decidió caracterizar los tipos de huevo que pueden llegar a obtener según la etapa en la que se encuentre el ave; es decir, la edad en semanas. Esto se evidencia en la **Figura. 5** obtenida de la NTC 1240 ⁷, Figura. 5 Tipo de huevo por etapa. en donde se muestran los tipos de huevos, el tamaño que pueden llegar a tener estos y la producción esperada que se de estos huevos en cada una de las etapas.

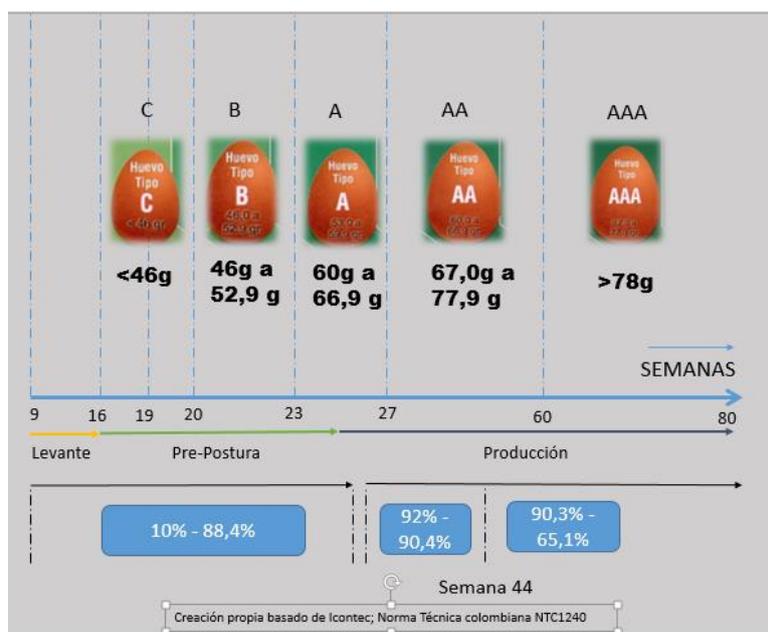


Figura. 5 Tipo de huevo por etapa.

Fuente: Creación propia basado de Icontec; Norma técnica colombiana NTC1240

Después de evidenciar lo que contenía esta norma, se decidió que en este modelo se utilizarían huevos tipo (A) y que pollitas que serán compradas dentro de la simulación estarán en su en la etapa de levante. Esto con la finalidad de delimitar el alcance que tendrá el modelo y realizar un análisis mucho más

⁷ Norma técnica colombiana 1240

profundo de otros factores que pueden intervenir en la dinámica de una granja este sector.

Por otra parte, Las conclusiones que logramos extraer de las fuentes bibliográficas, las relacionamos con un **diagrama de subsistemas**⁸, que se puede observar en la **Figura. 6**, estas relaciones giran en torno a cada una de las fases de la aplicación. En otras palabras, el modelo que se desarrolló cuenta con tres grandes sistemas, que son: **Demanda**, en donde se explica el criterio que se tienen en cuenta para la compra de las pollitas. **Producción**, que tiene en cuenta factores de mortalidad, gastos y producción de huevos, y **Finanzas**, que tiene como propósito brindar información financiera para que el usuario pueda tomar decisiones de una manera mucho más acertada.

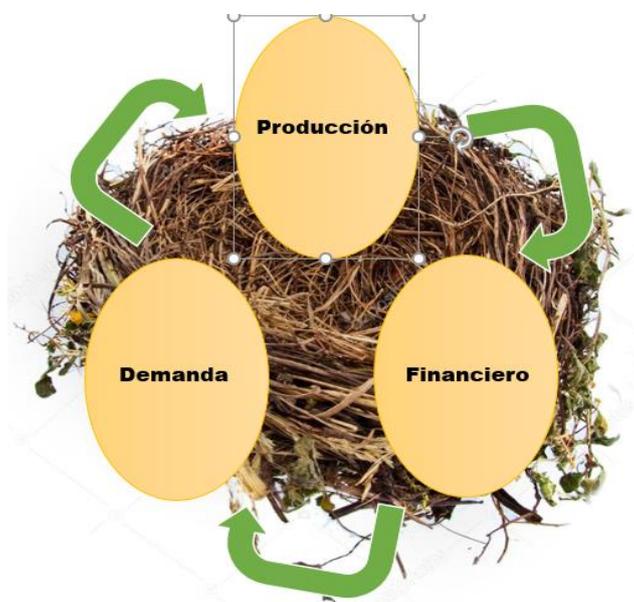


Figura. 6 Diagrama de subsistemas
Fuente: Autores.

En cuanto a la manutención de la granja avícola se harán los siguientes supuestos de acuerdo con lo que plantea la secretaria de agricultura y pesca del Valle del Cauca y se encuentra contenido en la

Tabla 1 Costos Fijos para la manutención de una granja del sector avícola.

COSTOS FIJOS					
Agua y energía (\$/mes)	Agua y energía (\$/sem)	Mano de obra (\$/mes)	Mano de obra (\$/sem)	Cantidad	TOTAL(\$/sem)
1.800.000	450.000	1.562.484	390.621	2	840.621

▪ Fuente: secretaria de agricultura y pesca del Valle del Cauca.

⁸ Diagrama de Subsistemas: representación gráfica de las relaciones de causa y efecto que se presentan entre grandes elementos que se encuentran dentro del sistema.

5.2 Desarrollo de los modelos.

Como se dijo con anterioridad, en este proyecto se desarrollarán dos modelos de simulación, uno el cual se puede considerar como la estructura ósea del proyecto, que es un modelo de simulación basado en dinámica de sistemas y otro que es un modelo de micromundo el cual es el objetivo principal de este proyecto.

Antes de empezar con el desarrollo de los modelos se aclarará que el siguiente estilo de letra: “**Huevo de pre-postura**” se utilizará con el de hacer referencia a variables que se encuentran dentro del modelo.

5.2.1 Modelo basado en dinámica en sistemas.

En el caso de esta simulación se debe hacer uso de un modelo demográfico, el cual es una ciencia que estudia la dinámica o movimiento de la población de aves. Es decir que su finalidad es tener en cuenta las tasas de transición entre cortes, la mortalidad de cada una de estas y el comportamiento que puede seguir los segmentos de la población.

A partir de esta información, hemos construido la simulación teniendo en cuenta la demografía de las pollitas. Para explicar esto se tomará en cuenta la cohorte de Pre-postura que nos servirá de utilidad para explicar de manera sencilla como funciona el modelo demográfico.

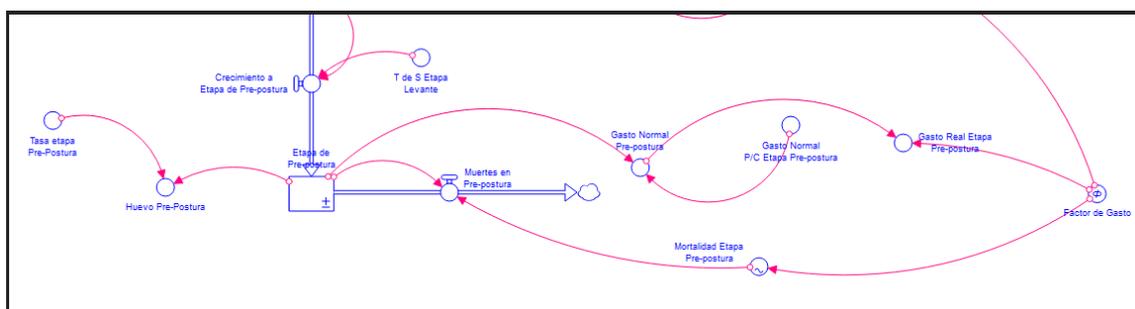


Figura. 7 Cohorte de Pre-postura
Fuente: Autores

En la **Figura. 7** se ilustra cuáles son los flujos que se siguen en la etapa de pre-postura. La entrada que tiene esta etapa son las gallinas provenientes de la etapa de Levante, estas gallinas deben pasar 8 semanas en esta etapa para poder pasar de cohorte. Ya estando en la en la Etapa de Pre-postura, las gallinas estarán afectadas por dos variables, una de estas variables es la tasa de producción de huevos, cuyos valores fueron determinados con la ayuda de la guía de manejo para gallinas Lohman brown y se encuentran dentro de una distribución normal que ayuda a que se produzca una aleatoriedad en los datos. La segunda variable, es la mortalidad que se encuentra relacionada con los

gastos, esta relación será de gran utilidad a la hora de empezar con el desarrollo del modelo de micromundo. Posteriormente se explicará con más detalle cuales es la utilidad de las dos variables mencionadas.

A continuación, se encuentra la ilustración completa del modelo demográfico.

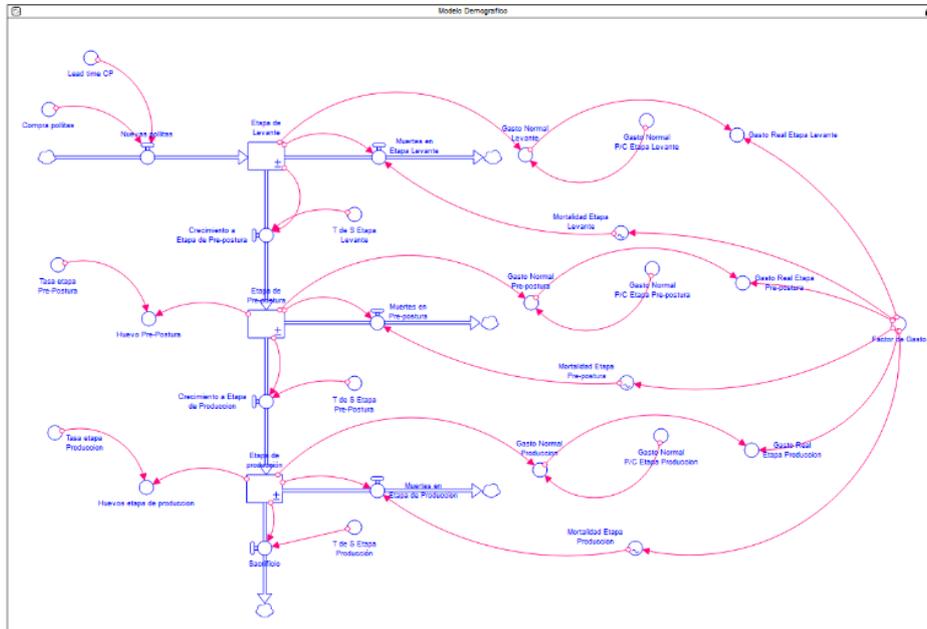


Figura. 8 Modelo demográfico
Fuente: Autores

Para realizar la debida descripción de nuestro modelo lo dividiéremos en 4 etapas que serán presentadas a continuación.

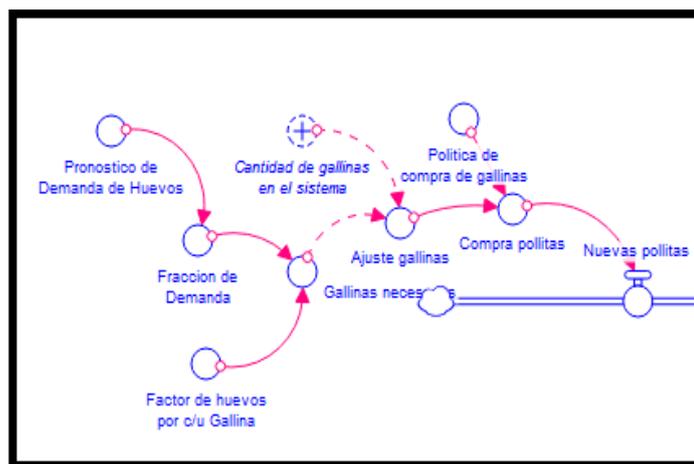


Figura. 9 Fase I predicción de demanda
Fuente: Autores

En la figura anterior, se puede visualizar la Fase I, que se encuentra relacionada con el proceso de predicción de compra de pollitas, en donde, se utilizan los **Pronósticos de demanda** para determinar cuál es la cantidad de éstas que

deben ser compradas. Estos pronósticos son el resultado de desagregar el consumo de huevo P/C Anual en Colombia (Dato sacado de Fenavi) a el consumo P/C para Cali. Este procedimiento se encuentra en la **Tabla 2** que se encuentra a continuación:

Tabla 2 Demanda de huevos

	Huevos P/C /Año	Huevos P/C /Mes	Huevos P/C/Sem	Población Caleña	Huevos/Sem	Participación Del Mercado proyectada.	Demanda Huevo (Huevos/Sem)
Máx	279	23	6	2.401.000	13.955.813	0,0005	6.978
Mín	252	21	5	2.401.001	12.605.255	0,0005	6.303

Fuente: Autores

Luego de realizar estos cálculos, se utiliza la **Fración de demanda** determinada para nuestra granja avícola en conjunto con **Factor de huevos por Gallinas**, que es el resultado de lo que se espera que las pollitas produzcan en la etapa de Pre-postura y Producción. El cual, está calculado con base de la Guía de manejo para ponedoras Hy Line Brown. De estas dos últimas etapas se obtiene las gallinas necesarias para que el sistema se encuentre balanceado.

Después, haciendo uso de lo calculado anteriormente y **la Cantidad de Gallinas en el sistema**, se estima el **Ajuste de Gallinas**, que es la diferencia de la cantidad de gallinas que necesito para lograr suplir la demanda y, de la cantidad de pollitas que tengo en el sistema. Con este último se define cuántas pollitas se necesitan adquirir y, con la **Política de compra**, que es cuantas aves se tiene preestablecido comprar, se determina cual será la cantidad de pollitas a adquirir.

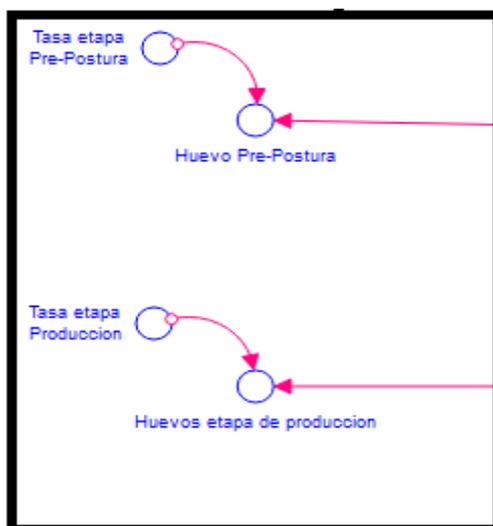


Figura. 10 Fase II Producción de Huevos

Fuente: Autores

La segunda fase, que se encuentra resumida en la **Figura. 10**, está vinculada con la producción de huevos. La cual, relaciona la Tasa de producción para cada una de las cohortes y la cantidad de gallinas que se encuentran en estas. Para

la etapa de Pre-postura, se espera que la producción P/C de Huevos se encuentre en promedio entre 4 a 5, mientras que, en la etapa de Producción se espera obtener en promedio de 6 a 7 Huevos. Estos datos fueron determinados con ayuda de la Guía de ponedoras Hy line Brown y se hallan contenidos en las **ANEXO. D y ANEXO. E.**

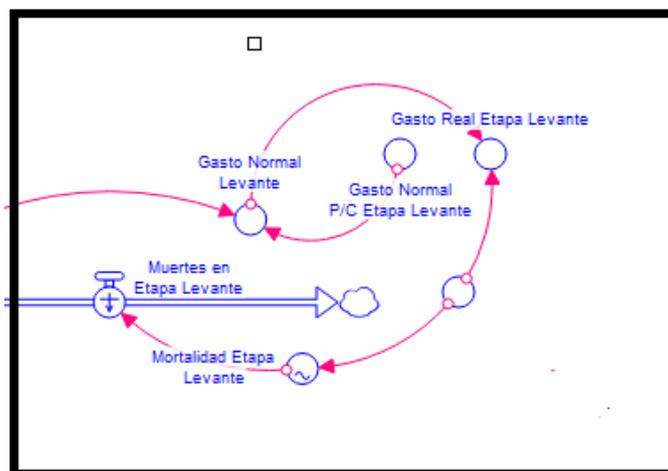


Figura. 11 Fase III Gasto y Mortalidad
Fuente: Autores

La tercera fase, está asociada con los **Gastos reales y La mortalidad** en cada una de las etapas (las cuales se pueden visualizar en la **Figura. 11**). La primera actividad que se realizó es el cálculo del **Gasto normal P/C**, el cual, fue determinado con la estimación del consumo promedio de alimento P/C para cada una de las etapas, esto se podrá observar en Tabla 3 Etapas de la gallina ponedora y sus características **Tabla 3** . (Los datos con los que se realizaron estos cálculos se pueden encontrar en: **ANEXO. F, ANEXO. G y ANEXO. H**). Para calcular el *Gasto normal P/C* de la etapa de levante, se tuvo en cuenta la compra inicial de 1000 pollitas, que son las que se necesitan para dar inicio de las operaciones, y el consumo en bultos del concentrado de alimentos (Todo esto se puede ver en la

Tabla 4 para más información buscar en **ANEXO. I y ANEXO. J**); cabe aclarar que los precios de los alimentos para iniciar las operaciones se calcularon con base a valores reales y se encuentra en el **ANEXO. A.**

Tabla 3 Etapas de la gallina ponedora y sus características

Etapas	Levante	Pre-Postura	Producción
Semana	Sem 9- 17	Sem 16-24	Sem 25- 100
Mortalidad	1,6%	2,2%	5,8%
Cantidad de alimento Estimada (P/C) (kg/sem)	3,7	5,4	57

Fuente: Autores

Tabla 4 Costos de Levante Máximo

Cantidad Total	Detalle	Vr. Unitario	Vr. Total
1600	Ave Hy-Line Brown	\$9.500	\$15.200.000
150	Concentrado Iniciacion (40kg)	\$82.400	\$12.327.040
		TOTAL	\$27.527.040
		Costo P/C	\$17.204
		Costo P/C (\$/sem)	\$2.151

Fuente: Autores

Adicionalmente, en la **Tabla 3** podemos encontrar las tasas de mortalidad en promedio de cada una de las etapas, en donde se tuvieron en cuenta los datos que presenta la guía de manejo con respecto a la mortalidad para definir estos valores (Los datos con los que fueron calculados estos valores se podrán encontrar como: **ANEXO. K**, **ANEXO. L** y **ANEXO. M**). El cálculo de estos promedios y sus respectivas desviaciones, sirvieron como insumos para utilizar las facultades de la distribución normal y calcular valores de mortalidad para un porcentaje de dicha distribución, para de esta manera relacionar la mortalidad con un factor de gastos (Esto se puede ver en la **Tabla 5**. Para más información buscarla en **ANEXO. N** y **ANEXO. O**).

Tabla 5 Mortalidad Etapa de Levante

Porcentaje de distribución	Factor Gasto	Mortalidad
0,95	0,5	0,02
0,8	0,7	0,02
0,7	0,8	0,02
0,5	1	0,02
0,3	1,1	0,01
0,25	1,2	0,01

Fuente: Autores

La última fase, está directamente vinculada con el sistema financiero y de inventarios del modelo. En esta etapa se tienen en cuenta 4 grandes variables. La primera es el inventario de huevos que es donde se aglomeran los huevos que son producidos por las diferentes cohortes. En esta etapa se consideran una **tasa de perdida de huevos** (5%) , que está ligada con los posibles desperdicios que se pueden presentar durante la producción y/o almacenamiento de los huevos, y despacho que tiene dos funcionalidades dentro de este subsistema. La primera, es que aquí se realiza el cálculo del nivel de servicio del sistema con base con el cumplimiento de los pedidos asignados para la granja. La segunda está relacionada con la entrega de los huevos a bien sea al distribuidor de estos o directamente al consumidor final. Cabe resaltar que esta etapa de inventarios conecta las otras variables es el accionador de los procesos que serán descritos a continuación.

Como segunda variable tenemos las **Cuentas por Cobrar** que se encuentran directamente relacionada con los procesos de venta a crédito. Es decir, se trata del manejo de los clientes que se les ha dado los huevos por consignación, para hechos de la simulación se ha decidido que este tenga un valor de 10% .En tercer lugar, tenemos la variable de **Cuentas por Pagar**, que se encuentra relacionado con los pagos a los proveedores, los gasto variables y fijos, y compras de pollitas. Es aquí donde se encuentra afectado el balance de esta cadena de suministros por cómo se administran los recursos que se utilizan en la simulación y los gastos causados por la manutención de la granja.

Por último, se encuentra la variable de **Caja** que es donde se evidencia la verdadera situación financiera de la administración de la cadena, aquí se tienen en cuenta ganancias y gastos que se han producidos, y tiene como finalidad servir de insumo para el cálculo de algunos indicadores que serán mostrados mucho más adelante.

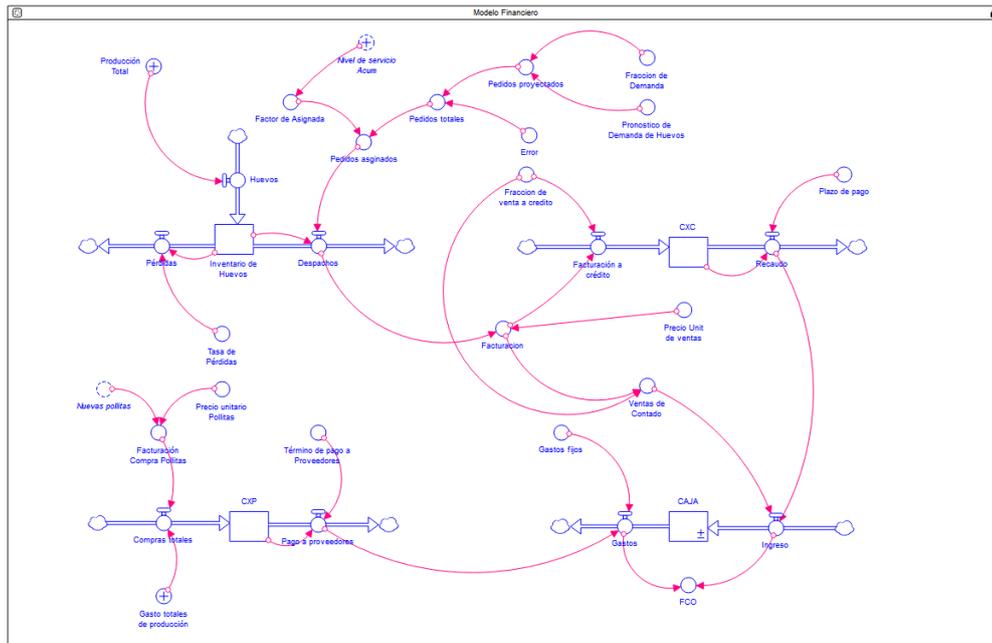


Figura. 12 Fase IV Sistema financiero y de Inventarios
Fuente: Autores

5.2.2 Modelo de micromundo

El concepto de simulador de vuelo hace referencia a una herramienta que permite al usuario interactuar con diagramas de sistema que se pueden simular a lo largo del tiempo. Al estudiar estos diagramas, podrá comprender mejor el comportamiento de ese sistema e identificar áreas de mejora. Cabe mencionar, que un micromundo modelado Stella Architect es estructuralmente similar a un modelo basado en dinámicas de sistemas creado con este software, con la salvedad que el modelo de micromundo utiliza variables exógenas que es la forma en la que el usuario toma decisiones en el modelo y estas se ven reflejadas en la dinámica que esta modelada.

El modelo de micromundo se realizó mediante la funcionalidad de interfaz de Stella Architect, en donde se completaron 3 páginas. En la primera página, se hace una introducción y una explicación sobre el modelo. En la segunda, se encuentra la interfaz en donde el usuario tomara decisiones, para ver de manera gráfica esta interfaz se puede visualizar en la **Figura. 13**. En la última hoja, se pueden encontrar dos indicadores que facilitara que los usuarios creen estrategias para tomar decisiones dentro del modelo. La forma en cómo está distribuida y cómo funciona está explicado explícitamente en el manual [ANEXO. B.](#) Adicional a esto, se presenta un video en la cual se realiza una demostración de las funcionalidades del modelo, este video se puede encontrar como [ANEXO. C.](#)

Para el desarrollo de nuestro micromundo, se tomó la decisión que las variables exógenas sean: **La compra de Pollitas y el Factor de gasto**. Las cuales, se refieren a la decisión que tome el usuario de cuantas pollitas comprar y cuanto se gastara en la mantención de las pollitas que se encuentran ya en el sistema.

Este simulador tiene un componente logístico modelado, como se ha mencionado, en Stella Architect que consta de unos flujos y Stock para el funcionamiento efectivo. Cabe agregar una imagen que representa la interfaz principal que hemos construido y con la que el usuario va a interactuar. (Todo lo mencionado se encuentran explicado en el manual, ahí podrá entender el producto final).

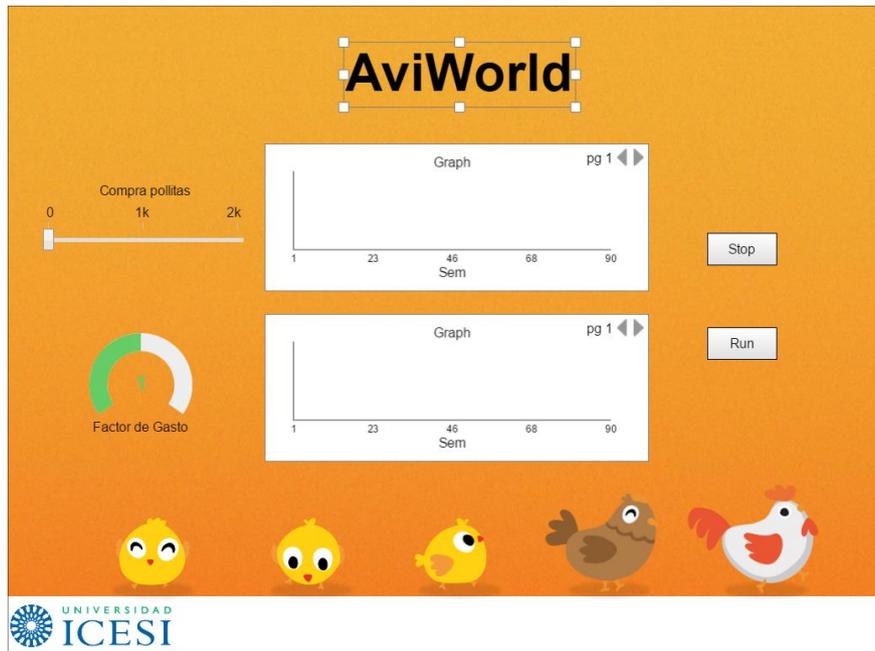


Figura. 13 Interfaz de la simulación de vuelo
Fuente: Autores

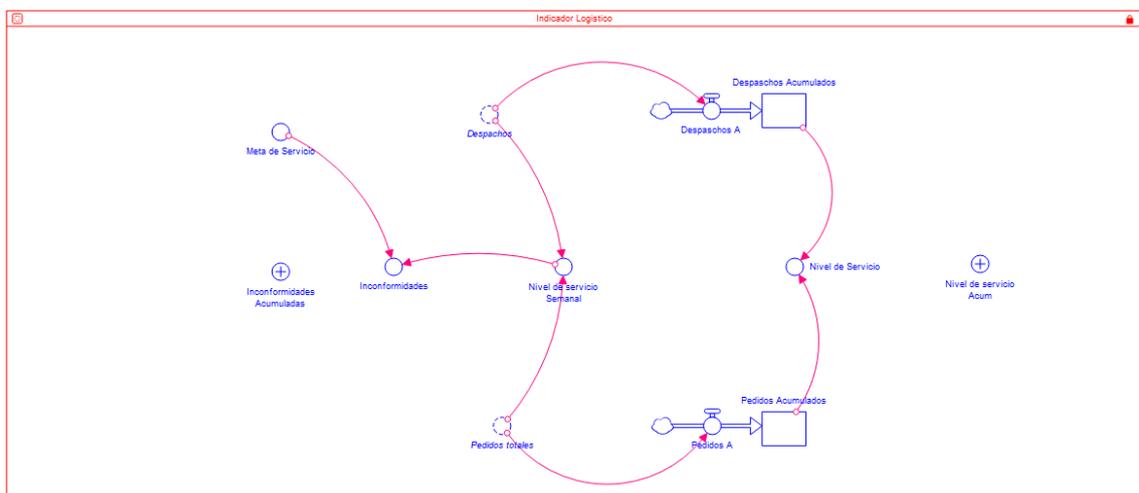


Figura. 14 Indicadores Logísticos
Fuente: Autores

En **Figura. 14** se encontrarán el cálculo de los indicadores de **Nivel de servicio acumulado e Inconformidades Acumulas**. Con estos indicadores los usuarios de del modelo de micromundo podrán ver de forma gráfica cual es el comportamiento del modelo de acuerdo con las decisiones que toman y afectan la aceptación que tienen los clientes con sus productos. Esta aceptación estará dada de una forma que castigue de forma severa los incumplimientos y premie de manera moderada el cumplimiento.

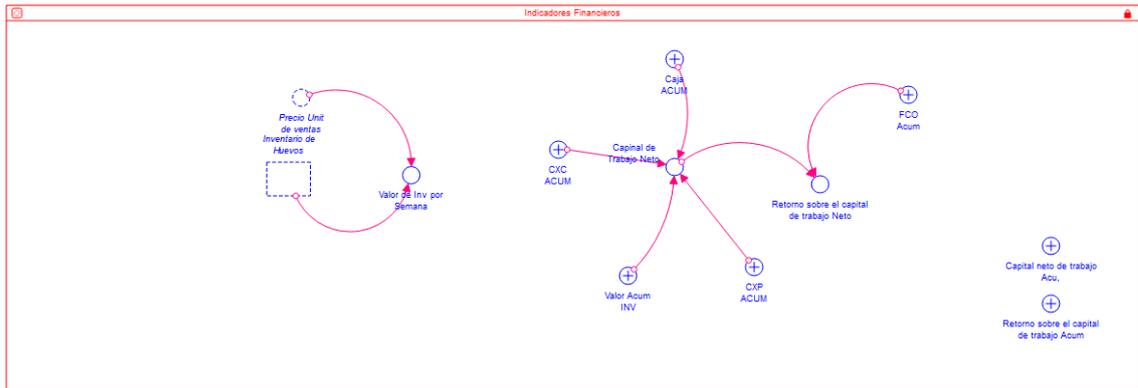


Figura. 15 Indicadores Financieros.
Fuente: Autores

En la **Figura. 15** se pueden observar los cálculos en los cuales se determinan los indicadores financieros que se evalúan dentro del modelo. Estos indicadores muestran el impacto que tienen las decisiones de los usuarios y como afectan de forma directa no solo al modelo financiero sino a las diferentes fases de las que se hablaron con anterioridad. De esta manera, se pueden determinar de forma teórica cuales serían las posibles pérdidas o ganancias que tendrían las personas de acuerdo con su metodología de toma de decisiones y las estrategias que estos puedan tomar estos, para que la simulación del modelo tenga un buen desempeño.

5.2.3 Validación del modelo de Micromundo.

Luego de la construcción del modelo, hicimos unas pruebas de simulación con 15 estudiantes del curso de dinámica de sistemas de la universidad Icesi. Este experimento consistía en realizar una primera corrida del modelo de micromundo en el cual se pudieran familiarizar con la simulación y explorar las gráficas que se les proporcionaban en este.

Adicional a esto, se realizó una segunda corrida del modelo en donde se pretendía que los estudiantes luego de tener una primera experiencia corriendo el micromundo entiendan el funcionamiento de este y realicen una serie estrategia que les permita jugar con el objetivo de conseguir un flujo de caja que no tenga valores negativos y que sea superior a \$50 millones de pesos colombianos.

La finalidad de estas dos corridas es que los estudiantes realizaran el planteamiento de acciones de mejora permitan reestructurar el modelo de simulación de acuerdo con las observaciones o necesidades que estos tuvieron al momento de correr el modelo.

Tabla 6 Primera Corrida de los estudiantes de dinámica de sistemas.

Usuario	Caja ACUM	Compra pollitas	CXC ACUM	CXP ACUM	Despachos A	Gasto totales de producción	Inconformidades Acum	Ingreso	Nivel de servicio Acum
A	\$ 9.095.539	1733439	3400113	6261	288662	\$ 1.910.212	2066194	\$ 36.476	28%
B	\$ 139.118.839	6927433	13743180	2059	110840	\$ 7.081.745	676448	\$ 571.100	31%
C	\$ 131.415.037	6218349	12278609	6383	264451	\$ 6.349.460	2075308	\$ 297.456	40%
D	\$ 71.301	210005	419952	885	51445	\$ 420.131	285182	\$ 24.032	13%
E	\$ 31.507.922	2724552	5388233	1671	58329	\$ 2.904.271	552141	\$ 127.388	25%
F	\$ 48.644.411	2375413	4736098	996	53181	\$ 2.578.204	324162	\$ 238.902	15%
G	\$ 181.590.396	8434514	16642496	6640	295259	\$ 8.531.403	2170886	\$ 277.187	32%
H	\$ 2.442.068	1157897	2309352	3846	205177	\$ 1.364.831	1257705	\$ 6.602	58%
I	\$ 345.782.290	11841807	23589751	6620	291055	\$ 12.005.031	2193394	\$ 369.286	40%
J	\$ 93.897.318	3251965	6342704	1112	59524	\$ 3.381.507	366004	\$ 166.467	17%
K	\$ 86.509.048	4465908	8918422	6421	278882	\$ 4.669.366	2139434	\$ 317.912	38%
L	\$ 170.699.101	9466284	18878411	964	51545	\$ 9.649.360	323126	\$ 931.890	14%
M	\$ 635.377	797340	1581141	2369	127182	\$ 1.000.725	777487	\$ 20.439	36%
N	\$ 54.063.841	6210741	12335870	6664	296509	\$ 6.378.090	2207177	\$ 258.471	25%
PROMEDIO	\$ 91.234.386	4701118	\$ 9.326.024	\$ 3.778	173717	\$ 4.873.167	1243903	\$ 260.258	29%

Fuente: Autores

Tabla 7 Segunda Corrida de los estudiantes de dinámica de sistemas

Usuario	Caja ACUM	Compra pollitas	CXC ACUM	CXP ACUM	Despachos A	Gasto totales de producción	Inconformidades Acum	Ingreso	Nivel de servicio Acum
A	\$ 43.779.248	331354	\$ 9.992.462	\$ 807.276	1378568	\$ 6.463.231	2	9346263	95%
B	\$ 40.713.680	354820	\$ 14.090.967	\$ 936.163	1667972	\$ 8.534.943	2	6273914	92%
C	\$ 53.598.933	341422	\$ 14.808.429	\$ 651.003	1573898	\$ 9.247.541	2	10048993	98%
D	\$ 54.768.890	307231	\$ 13.159.927	\$ 938.271	1215654	\$ 7.191.678	5	6713035	75%
E	\$ 46.041.296	275984	\$ 9.397.026	\$ 642.192	1442427	\$ 7.757.784	1	7785798	100%
F	\$ 39.859.702	399637	\$ 9.493.953	\$ 904.486	1487659	\$ 4.793.706	6	9164402	70%
G	\$ 51.879.411	382773	\$ 14.278.312	\$ 849.412	1078724	\$ 7.964.991	2	10169613	98,2%
H	\$ 48.711.176	251518	\$ 10.019.141	\$ 872.307	336316	\$ 8.212.206	3	6627203	85%
I	\$ 57.240.312	260986	\$ 7.397.376	\$ 829.739	1290173	\$ 9.478.974	1	7945226	100%
J	\$ 45.411.004	408262	\$ 15.019.414	\$ 882.562	1252860	\$ 4.542.538	3	6655369	93%
K	\$ 52.933.924	258316	\$ 13.557.256	\$ 966.204	435353	\$ 6.618.546	2	6281564	99%
L	\$ 49.036.910	228788	\$ 7.760.679	\$ 726.276	944799	\$ 6.765.565	1	6718462	100%
M	\$ 47.037.657	338790	\$ 13.495.343	\$ 947.695	867156	\$ 9.315.205	4	5945633	95%
N	\$ 38.431.865	370177	\$ 7.700.565	\$ 955.195	616012	\$ 5.026.988	4	5787657	98%
PROMEDIO	\$ 47.817.429	\$ 322.147	\$ 11.440.775	\$ 850.627	1113398	\$ 7.279.564	2,714285714	\$ 7.533.081	93%

Fuente: Autores.

En las **Tabla 6** y

Tabla 7 se muestran los valores obtenidos por cada uno de los estudiantes en cada una de las corridas y un promedio de estos. Hay que tener en cuenta que la cantidad de variables que se analizan son más de las que se presentan en el documento. Sin embargo, las variables que aparecen en estas dos tablas son las que tienen mucha relevancia en el modelo.

Haciendo un análisis comparativo entre las dos corridas que realizaron los estudiantes, se puede evidenciar que estos tuvieron un mejor desempeño luego de tener un primer acercamiento con el simulador. Esto se visualiza en las variables de Caja Acumulada y Nivel de servicio, en donde en la primera corrida los valores en promedio que tomaron estas variables fueron de **\$91.234.386 (Flujo negativo)** y 29%. Al final del experimento, los valores de las mismas variables fueron \$47.817.429 y 93%. De lo cual se puede concluir que la primera vez que interactuaron con el modelo, encontraron un simulador que abarca una serie de criterios de decisión que tienen una interrelación entre sí; es decir, esto les permitió buscar la forma de **no** generar un flujo de caja acumulado, en las 90 semanas, con valores negativos y, asimismo, ser calificados con un buen desempeño por parte de los clientes.

De igual forma, por los resultados adquiridos anteriormente, la compra de aves fue necesario durante las primeras 20 semanas, el factor de gasto utilizado, en su mayoría, fue del 100% lo que quiere decir que es importante evitar la compra de pollitas y mantener en buenas condiciones las que se encuentran dentro de la cadena de suministros. Esto se puede explicar porque permite reducir las cuentas por pagar acumuladas y producir huevos de tamaño A, que se adquieren de las aves cerca a las 100 semanas de vida.



Figura. 16 Fotos de experimento
Fuente: Autores.

En la **Figura. 16** se puede visualizar como el modelo de micromundo o el “Juego” como lo denominaban algunos de los estudiantes, capturaba la atención del usuario y permitía que estos aprendieran de una forma pedagógica como es la dinámica que se presenta en una granja de este sector.

Según la dinámica comportamiento adquirido por los estudiantes, el “truco” está en tomar una decisión por cada clic; es decir, entender cada uno de los indicadores que se encuentra en el micromundo por cada semana que se juega. Tenga en cuenta que, en algún momento, es necesario el cambio de pedidos acumulados porque se pueden presentar excepciones según sea la entidad a la cual la granja le esté abasteciendo. Estas consideraciones son explicadas en el manual anexo y cómo se pueden cambiar o enfrentar dicha situación.

Las sugerencias hechas por partes de los estudiantes se resumen en:

- Se debería visualizar la población de pollitas en la simulación y la tasa de mortalidad en el galpón.
- Es importante conocer cuál es el comportamiento de la demanda.
- Muchas variables que analizar, esto dificulta el planteamiento de una estrategia de forma rápida.
- Se debería poner los indicadores más críticos en la página principal, en donde se cambian las variables, para que el usuario tenga un criterio encaminado a lo que en realidad se busca.
- Abrir directamente la interfaz, sin mostrar estructura.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El esquema que propone nuestro proyecto de grado, además de informar la situación en la que se encuentra el sector avícola actualmente, permite identificar y categorizar, a través del análisis experimental, características peculiares debido a que se están trabajando con producciones y demandas de huevos; lo que significa que el nivel de servicio depende de un control logístico de las aves, pues se debe ajustar los pedidos con la demanda.

Este trabajo se ha modelado con el fin de representar un comportamiento dinámico que se trata de un sistema que produce huevos; específicamente el sector avícola. Asimismo, demuestra que se pueden aplicar dinámica de sistemas a modelos pecuarios de mediana complejidad, porque la existencia de lazos de control al interior de modo de explotación pecuaria facilita su aplicación.

El modelo de micromundo permite observar, de ante mano, el comportamiento de los tres subsistemas –mencionados anteriormente- relacionados entre sí, teniendo la oportunidad de analizar y tomar decisiones, durante las 90 semanas, que afectarían el desempeño total del sistema a mediano y largo plazo. Esto se pudo evidenciar con los estudiantes del curso de dinámica sistemas en donde la mayoría de estos aprendieron de forma muy rápida cuales eran las estrategias que debían seguir para cumplir con los objetivos propuestos.

6.2 Recomendaciones

Para próximas investigaciones se recomienda tener en cuenta la producción de carne de pollo, pues esta también posee una dinámica bastante interesante para estudiar.

El modelo trabaja con un tipo de gallina en específico, la cual es Hy-line Brown. Esto no quiere decir que no afecte la diversificación de los tipos de huevos porque hay que tener en cuenta que cada tipo tiene su propia tasa de consumo. Usted deberá tener en cuenta dichas demandas para que la simulación tenga un acercamiento al sector.

Se recomienda realizar la simulación de vuelo con decisiones por semana; es decir, evaluando indicadores cada ejecución, ya que permite un mayor control sobre las variables de interés.

7 BIBLIOGRAFÍA

Ballou, R. H. (2004). Administración de la cadena de suministros. México: Pearson.

HyLine. (s.f.). Guía de manejo para Gallinas Hy-Line Brown. Obtenido de http://www.hyline.com/userdocs/pages/BRN_COM_SPN.pdf

Burbano Collazos, A., & Beltrán Amador, A. (2002). Modelo de benchmarking de la cadena de abastecimiento para Pymes manufactureras. Estudios Gerenciales, 13-29.

Caracol Radio. (14 de 10 de 2011). Obtenido de http://caracol.com.co/radio/2011/10/14/economia/1318574880_562318.html

Caracol Radio. (06 de 01 de 2017). Obtenido de http://caracol.com.co/emisora/2017/01/06/medellin/1483700339_427201.html

Espinel, L., Madrid, Y., & Parra, C. (s.f.). Modelado de una granja de producción avícola usando dinámica de sistemas.

El tiempo. (23 de 06 de 2017). Obtenido de <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/consumo-en-hogares-de-colombia-y-otros-paises-de-latinoamerica-111840>

F. Revidatti, J. Rafart, R. Fernández, J. Terraes, R. Sandoval. “Rendimiento reproductivo en cruzamientos entre razas tradicionales Productoras de huevo y carne”. InVet, Vol 7. No. 1, Buenos Aires, 2005.

Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). Cifras estadísticas. Recuperado en febrero de 2014 De www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2472&Itemid=1330

FENAVI. (13 de Julio de 2017). Obtenido de http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=3536:2017-07-13-22-57-47&catid=454:comunicados-de-prensa&Itemid=1348

Guerrero, L. M. (2006). Micromundos: Alternativa para la enseñanza y el aprendizaje. AVANCES Investigación en Ingeniería No5, 37-42.

J. Paz., “Creación de un modelo de simulación para una granja avícola Para evaluar la rentabilidad de esta y como soporte a la toma de Decisiones”, Tesis. Instituto Tecnológico de Monterrey, México, pp. 29-33, 2007

La Republica. (11 de 04 de 2017). Obtenido de <https://www.larepublica.co/globoeconomia/en-colombia-se-vende-el-huevo-más-barato-2495656>

La República. (22 de 12 de 2017). Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/el-sector-avicola-logro-crecimiento-del-64-en-el-2017-2584517>

Portafolio. (13 de 06 de 2017). Obtenido de <http://www.portafolio.co/economia/produccion-avicola-subio-4-9-entre-enero-y-junio-507713>

Revista Facultad Nacional de Agronomía, Universidad Nacional, Medellín, Vol 48. Núm 2, 7-39. 1995.

Repositorio Institucional. (1 de 1 de 2005). Obtenido de <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/2032>

República, L. (16 de 05 de 2014). La Republica. Obtenido de <https://www.larepublica.co/consumo/el-huevo-es-protagonista-del-desayuno-y-vaganando-participacion-en-la-cena-2122671>

Sterman, J. D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking. McGrawHill.

Maimni, E., Romera, N., & Burgos, F. (2011). Modelo: Proyecto de Inversión en granja de pollos parrilleros.

Norma ICONTEC NTC 1240, Industria alimentaria huevos de gallina frescos para consumo, COLOMBIA, 2014.

ANEXOS

ANEXO. D Producción de Huevos etapa de Pre-Postura

EDAD (sem.)	HUEVOS P/C	
18	0,3	1,0
19	1,7	2,6
20	5,1	5,1
21	5,3	6,0
22	6,1	6,4
23	6,4	6,6
24	6,4	6,7

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown

ANEXO. E Producción de Huevos etapa de Producción

EDAD (sem,)	HUEVOS P/C	
25	6,5	6,6
26	6,6	6,7
27	6,7	6,7
28	6,6	6,7
29	6,7	6,7
30	6,6	6,7
31	6,5	6,7
32	6,6	6,7
33	6,6	6,6
34	6,6	6,7
35	6,6	6,6
36	6,4	6,6
37	6,5	6,5
38	6,5	6,6
39	6,4	6,4
40	6,4	6,4
41	6,3	6,5
42	6,3	6,5
43	6,3	6,3
44	6,2	6,4
45	6,2	6,4
46	6,2	6,3
47	6,1	6,2
48	6,1	6,3
49	6,1	6,2
50	6,1	6,2
51	6,1	6,1

EDAD (sem,)	HUEVOS P/C	
52	6,0	6,2
53	6,0	6,0
54	6,0	6,1
55	5,9	6,1
56	6,0	6,0
57	5,9	6,0
58	5,8	6,0
59	5,9	6,0
60	5,8	6,0
61	5,8	5,9
62	5,7	6,0
63	5,7	5,8
64	5,8	5,9
65	5,7	5,9
66	5,6	5,8
67	5,6	5,8
68	5,6	5,7
69	5,6	5,6
70	5,5	5,7
71	5,4	5,5
72	5,5	5,6
73	5,4	5,4
74	5,2	5,5
75	5,2	5,4
76	5,3	5,4
77	5,1	5,3
78	5,1	5,3
79	5,0	5,3
80	5,1	5,2
81	5,1	5,1
82	5,1	5,2
83	5,0	5,1
84	5,0	5,1
85	4,9	5,1
86	4,9	5,1
87	4,9	5,0
88	4,8	5,0
89	4,9	5,0
90	4,9	5,0
91	4,8	5,0
92	4,8	4,9
93	4,8	4,9
94	4,8	4,9

EDAD (sem.)	HUEVOS P/C	
	95	4,8
96	4,7	4,9
97	4,7	4,8
98	4,6	4,8
99	4,6	4,7
100	4,6	4,8

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown

ANEXO. F Consumo de Alimento Etapa de Levante

EDAD (sem.)	CONSUMO DE ALIMENTO (kg / día por ave)	
	9	0,049
10	0,052	0,056
11	0,058	0,062
12	0,062	0,066
13	0,067	0,071
14	0,070	0,074
15	0,072	0,076
16	0,075	0,079
17	0,078	0,082

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown

ANEXO. G Consumo de alimento etapa de Pre-Postura

EDAD (sem.)	CONSUMO DE ALIMENTO (kg / día por ave)	
	18	0,082
19	0,085	0,091
20	0,091	0,097
21	0,095	0,101
22	0,099	0,105
23	0,103	0,109
24	0,105	0,111

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown

ANEXO. H Consumo de alimento etapa de producción.

EDAD (sem.)	CONSUMO DE ALIMENTO (kg / día por ave)	
	25	0,106
26	0,107	0,113

EDAD (sem.)	CONSUMO DE ALIMENTO (kg / día por ave)	
27	0,107	0,113
28	0,107	0,113
29	0,107	0,113
30	0,107	0,113
31	0,108	0,114
32	0,108	0,114
33	0,108	0,114
34	0,108	0,114
35	0,108	0,114
36	0,108	0,114
37	0,108	0,114
38	0,108	0,114
39	0,108	0,114
40	0,108	0,114
41	0,108	0,114
42	0,108	0,114
43	0,108	0,114
44	0,108	0,114
45	0,107	0,113
46	0,107	0,113
47	0,107	0,113
48	0,107	0,113
49	0,107	0,113
50	0,107	0,113
51	0,106	0,112
52	0,106	0,112
53	0,106	0,112
54	0,106	0,112
55	0,106	0,112
56	0,106	0,112
57	0,106	0,112
58	0,106	0,112
59	0,106	0,112
60	0,106	0,112
61	0,106	0,112
62	0,106	0,112
63	0,106	0,112
64	0,106	0,112
65	0,106	0,112

EDAD (sem.)	CONSUMO DE ALIMENTO (kg / día por ave)	
66	0,106	0,112
67	0,106	0,112
68	0,106	0,112
69	0,106	0,112
70	0,106	0,112
71	0,106	0,112
72	0,106	0,112
73	0,106	0,112
74	0,106	0,112
75	0,106	0,112
76	0,106	0,112
77	0,106	0,112
78	0,106	0,112
79	0,106	0,112
80	0,106	0,112
81	0,106	0,112
82	0,106	0,112
83	0,106	0,112
84	0,106	0,112
85	0,106	0,112
86	0,106	0,112
87	0,106	0,112
88	0,106	0,112
89	0,106	0,112
90	0,106	0,112
91	0,105	0,111
92	0,105	0,111
93	0,105	0,111
94	0,105	0,111
95	0,105	0,111
96	0,105	0,111
97	0,105	0,111
98	0,105	0,111
99	0,105	0,111
100	0,105	0,111

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown

ANEXO. I Costo de Pre-Postura Máximo

Cantidad	Detalle	Vr. Unitario	Vr. Total
218	Concentrado Levante (40kg)	\$64.500	\$14.061.000
		TOTAL	\$14.061.000
		Costo P/C	\$14.061
		Costo P/C (\$/sem)	\$1.758

Fuente: Autores.

ANEXO. J Costo de Producción Máximo.

Cantidad	Detalle	Vr. Unitario	Vr. Total
2.297	Concentrado Produccion (40kg)	\$68.500	\$157.351.350
		TOTAL	\$157.351.350
		Costo P/C	\$157.351
		Costo P/C (\$/sem)	\$2.098

Fuente: Autores.

ANEXO. K Porcentaje de Mortalidad etapa de Levante

EDAD (sem.)	% MORTALIDAD
9	1,3%
10	1,3%
11	1,4%
12	1,5%
13	1,6%
14	1,7%
15	1,8%
16	1,9%
17	2,0%

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown

ANEXO. L Porcentaje de Mortalidad etapa de Pre-postura

EDAD (sem.)	% MORTALIDAD
18	2,0%
19	2,1%
20	2,1%
21	2,2%
22	2,3%
23	2,3%
24	2,4%

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown

ANEXO. M Porcentaje de Mortalidad etapa de Producción.

EDAD (sem.)	% MORTALIDAD
25	2,4%
26	2,5%
27	2,6%
28	2,6%
29	2,7%
30	2,7%
31	2,8%
32	2,9%
33	2,9%
34	3,0%
35	3,0%
36	3,1%
37	3,2%
38	3,2%
39	3,3%
40	3,4%
41	3,4%
42	3,5%
43	3,6%
44	3,6%
45	3,7%
46	3,8%
47	3,9%
48	3,9%
49	4,0%
50	4,1%
51	4,1%
52	4,2%
53	4,3%

EDAD (sem.)	% MORTALIDAD
54	4,3%
55	4,4%
56	4,5%
57	4,6%
58	4,6%
59	4,7%
60	4,8%
61	4,9%
62	4,9%
63	5,0%
64	5,1%
65	5,2%
66	5,3%
67	5,4%
68	5,5%
69	5,7%
70	5,8%
71	5,9%
72	6,0%
73	6,1%
74	6,3%
75	6,4%
76	6,5%
77	6,7%
78	6,8%
79	7,0%
80	7,1%
81	7,3%
82	7,4%
83	7,6%
84	7,7%
85	7,9%
86	8,0%
87	8,2%
88	8,3%
89	8,5%
90	8,6%
91	8,8%
92	9,0%
93	9,1%
94	9,3%

EDAD (sem.)	% MORTALIDAD
95	9,5%
96	9,6%
97	9,8%
98	10,0%
99	10,2%
100	10,4%

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown

ANEXO. N Mortalidad Etapa de Pre-Producción

Porcentaje de distribución	Factor Gasto	Mortalidad
0,95	0,5	0,02
0,8	0,6	0,02
0,7	0,8	0,02
0,5	1	0,02
0,3	1,1	0,02
0,25	1,2	0,02

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown

ANEXO. O Mortalidad etapa de Producción.

Tabla 12. Mortalidad Etapa de Producción		
Porcentaje de distribución	Factor Gasto	Mortalidad
0,95	0,5	0,092
0,8	0,6	0,074
0,7	0,8	0,067
0,5	1	0,055
0,3	1,1	0,044
0,25	1,2	0,040

Fuente: Guía de Manejo para Gallinas Hy-Line Brown