

OPTIMIZACIÓN DE UNA CADENA DE PRODUCCIÓN AVÍCOLA UTILIZANDO PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA

Sandoya Fernando¹, Rodríguez Washington²

Resumen. *La planificación de la producción en empresas integradas verticalmente es un proceso muy complejo debido a que intervienen miles de variables de decisión. El sistema de planificación debe integrar a todos los procesos de la cadena de tal manera que permita optimizar a cada uno de los eslabones para obtener una solución óptima global. La programación matemática permite modelar este tipo de problemas maximizando o minimizando algún objetivo previamente definido. El caso de estudio presenta un modelo para la planificación de la cadena de producción de una empresa del sector avícola integrada verticalmente en todos los procesos.*

Palabras Clave: Optimización de la producción, programación matemática

Abstract. *The production planning in integrated organizations is a very complex process because it have thousand of decision variables. The planning system must be integrated in all process of supply chain in order to optimize each process and obtain a global optimum solution. The mathematic programming permit to model these problems maximizing or minimizing some objective previously de ned. The study case shows a planning model to supply chain of poultry integrated organization.*

Key Words: Production optimization, math programming.

RECIBIDO: Julio 2011

ACEPTADO: Agosto 2011

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrollo un modelo de programación entero mixto que resuelve el problema de planeación de un segmento de la cadena de suministro de una empresa productora de pollos que tiene integración vertical. El problema consiste en decidir la cantidad de pollos que deben ingresar a las granjas para engorde por día, para luego ser sacrificados a una edad comprendida entre 40 y 44 días y satisfacer la demanda de pollo en pie. Una vez que se ha resuelto este problema, la etapa siguiente consiste en determinar la planta de incubación que debería abastecer de pollito bb a las granjas. Finalmente debemos resolver el problema de abastecimiento de pollo en pie a las plantas de faenamiento desde las granjas de engorde. Las preguntas que debemos responder son las siguientes:

- ¿Cuándo ingresar los pollos a las granjas y en qué cantidad?
- ¿Cuándo deben salir los pollos a la faenadora, en qué cantidad y a qué edad debe sacrificar?
- ¿Cuándo cargar los huevos fértiles a la incubadora y en qué cantidad?

Este problema es de mucha importancia en la industria avícola y ha sido estudiado desde hace más de una década. Se han propuesto varios modelos al respecto buscando siempre maximizar la rentabilidad de la empresa.

Desde el punto de vista académico es un área de investigación muy rica ya que las áreas de aplicación de la modelización matemática son muy variadas. Taube Neto fue unos de los primeros en abordar el problema de planificación en 1996, [2], trabajando para UNISOMA, una empresa consultora en Investigación de Operaciones.

Taube emplea la metodología de la investigación de operaciones en Sadia Concordia S. A., la cual era una de las empresas más grandes de Brasil, procesaba alrededor de 300 millones de pollos y 11 millones de pavos al año. Como resultado de su trabajo se produjeron ahorros por 50 millones de dólares anuales durante los 3 años siguientes a su implementación mejorando toda la cadena de abastecimiento de la compañía. Satir en su investigación [4], propone un modelo de planificación general para cualquier organización de producción de pollo de engorde integrada verticalmente, el modelo propuesto por Satir es muy similar al de Taube Neto.

Para resolver el problema de planeación plantea un modelo de programación lineal que integra las dos partes fundamentales de la cadena de abastecimiento: finanzas y operaciones.

El objetivo que busca es maximizar la rentabilidad de la compañía.

Daniel Delima, [1], abordó un problema similar al que analizó Taube . Delima hace el estudio para una empresa productora de pollos en Curitiba, Brasil, esta empresa es una organización integrada verticalmente en casi toda la cadena de producción, excepto en el proceso de engorde, el cual está tercerizado mediante granjas integradas. A

¹ Sandoya Fernando, M.Sc., Profesor de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). (e_mail: fsandoya@espol.edu.ec).

² Washington Rodríguez, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). (e_mail: wrodriguez@pronaca.com)

diferencia de Satir y Taube Neto, Delima solamente aborda el problema del planeamiento en las granjas de engorde, asegurándose de satisfacer un periodo de descanso mínimo, y buscando que las aves se sacrifiquen lo más próximo a los 43 días de edad.

2. DESARROLLO DEL MODELO

2.1. PROGRAMACIÓN DE ENTREGA DE POLLITOS BB A GRANJAS

En esta sección utilizamos las herramientas de programación matemática como programación entera mixta y modelo del transporte generalizado para resolver el problema.

Para ampliar los conceptos de optimización puede referirse a [5], [3].

El problema a resolver en esta sección es la planificación de ingreso de pollitos bb a las granjas de engorde. Para plantear el modelo necesitamos definir las variables de decisión y los índices que se utilizarían en la modelización, por facilidad utilizaremos la terminología de GAMS.

SETS

- t , día de ingreso de pollito bb, $t = 1, 2, \dots, T$, donde T es el horizonte de planeación, en nuestro caso puede ser 30 o 31 días.
- i , granjas de producción de pollos, $i = 1, 2, \dots, n$, donde n es el número de granjas que entran en la secuencia de las granjas que reciben en el periodo de planificación. Por ejemplo $n = 33$.
- e , edades de faenamiento, $e = 40, 41, 42, 43$.

VARIABLES

- Z Costo de ingresar los pollos a las granjas
- X_{it} , cantidad de envíos a la granja i en el día t
- Y_{tie} , cantidad de pollos de la granja i que se faenarían en el día $t + e$

La variable X es entera y la variable Y es positiva, Z es la función a minimizar.

PARAMETERS - TABLES

I_t , capacidad disponible de pollitos bb en el día t .

$D \min_i$, días de descanso mínimos antes de ingresar el nuevo lote de producción en la granja i

cG_i , capacidad de encasamiento total de la granja i

L_i , tamaño del lote de pollos a enviar a la granja i .

V_i , la viabilidad de la granja i

F_t , la faena requerida en el día t

d_{ii} , número de días entre el último ingreso de la granja i y el próximo ingreso en el día t .

C_{ti} , costo de enviar los pollos a la granja i en el día t

EQUATIONS

El costo total de distribución queda determinado por la ecuación (1).

$$Z = \sum_t \sum_i C_{ti} X_{ti} \quad (1)$$

La ecuación (1) sería la función objetivo a minimizar. El problema tiene las siguientes restricciones:

CAPACIDAD DE INCUBACION

Las incubadoras tienen una capacidad limitada de producción de pollito bb, por tanto debemos restringir la entrega de bb a las granjas de manera que no sobrepase la capacidad máxima. Se debe satisfacer la restricción (2):

$$\sum_i L_i X_{ti} \leq I_t \quad (2)$$

CAPACIDAD DE GRANJA

Los pollos a ingresar tienen que satisfacer la restricción de capacidad de granjas. Debemos exigir que las granjas completen toda su capacidad, entonces se debe cumplir con la restricción (3).

$$\sum_t L_i X_{ti} = cG_i \quad (3)$$

DIAS DE DESCANSO

Para garantizar que las granjas ingresen después de un periodo mínimo de descanso se debe satisfacer la desigualdad (4).

$$d_{ii} X_{ti} \geq D \min_i \times X_{ti} \quad (4)$$

Normalmente las granjas de pollos de engorde, el periodo de descanso mínimo es de 15 días, considerando que los pollos pasarían en granja un máximo de 45 días, el periodo mínimo entre ingresos sería de 60 días.

FAENAMIENTO

El ingreso de pollos bb deben satisfacer los requerimientos de pollo en pie que deben ser enviados a la planta procesadora en el día de faenamiento $t+e$. La desigualdad (5) garantiza que se cumpla el faenamiento.

$$\sum_i \sum_e Y_{(t+e)ie} \leq F_{t+e} \quad (5)$$

RESTRICCIÓN DE FLUJO

Naturalmente es necesario considerar la restricción de flujo, es decir, que lo que ingresó, menos la mortalidad, debe ser igual a lo que salió, la restricción (6) refleja esta condición.

$$\sum_e Y_{(t+e)ie} = V_i L_i X_{ti} \quad (6)$$

La restricción (6) debe satisfacerse $\forall t$ y $\forall i$.

Nuevamente aquí consideramos la relación entre los días de faena k y de ingreso t , obviamente el día de

faena será igual al día de ingreso mas la edad de faena e considerada. $k = t + e$.

2.2. MODELO INTEGRADO PARA TODA LA CADENA

Finalmente hemos llegado a la integración de todo el modelo para la cadena de producción. En esta sección juntaremos las ecuaciones definidas anteriormente en un modelo consolidado que nos permite programar la producción de pollos.

2.2.1. MODELO GENERAL

La función objetivo a considerar es la minimización del costo, esta función se definió en la sección 2.1. El costo que se considera no es el costo contable o financiero, sino un costo simbólico que nos ayuda a secuenciar el ingreso de pollo bb a las granjas. El modelo matemático formal queda expresado mediante la ecuaciones (7) - (14).

$$\text{Min } Z = \sum_t \sum_i C_{ti} X_{ti} \quad (7)$$

Sujeto a las restricciones:

$$\sum_i L_i X_{ti} \leq I_t \quad (8)$$

$$\sum_t L_i X_{ti} = cG_i \quad (9)$$

$$d_{ii} X_{ti} \geq D \min_i \times X_{ti} \quad (10)$$

$$\sum_{ie} Y_{(t+e)ie} \leq F_{t+e} \quad (11)$$

$$\sum_e Y_{(t+e)ie} = V_i L_i X_{ti} \quad (12)$$

$$X_{ti} \text{ integer } \forall t, i \quad (13)$$

$$Y_{tie} \geq 0 \quad \forall t, i, e \quad (14)$$

En la siguiente sección abordamos el problema de asignación de las incubadoras, es decir, debemos resolver el problema de decidir que incubadora entregará los pollos a la granja i.

2.3. PROGRAMA DE INCUBACIÓN

De la misma manera que en la sección anterior procedemos con la formulación del modelo para la planificación de las entregas de pollito bb a granjas desde las incubadoras.

SETS

- t , día de ingreso de pollo bb
- i , granjas
- j , incubadoras

VARIABLES

- X_{tij} , la cantidad de pollos bb a entregar en el día t a la granja i desde la incubadora j .

PARAMETERS

- BB_{ti} , la cantidad de pollito bb requerido por la granja i en el día t
- I_t , capacidad total de incubación en el día t
- H_{tj} , capacidad de la incubadora j en el día t
- C_{ij} , costo de transporte de la incubadora j a la granja i

2.3.1. MODELO MATEMÁTICO

El objetivo es determinar que incubadora debe entregar los pollitos bb a las granjas. Para solucionar el problema utilizamos el modelo del transporte generalizado, minimizando el costo total de distribución. Como proveedores tenemos las incubadoras y como clientes están las granjas.

El modelo queda expresado mediante el conjunto de ecuaciones y desigualdades (17) - (21).

$$\text{Min } Z = \sum_t \sum_i \sum_j C_{ij} X_{tij} \quad (15)$$

Sujeto a las restricciones:

$$\sum_i X_{tij} \leq H_{tj} \quad (16)$$

$$\sum_j X_{tij} \leq BB_{ti} \quad (17)$$

$$\sum_i \sum_j X_{tij} \leq I_t \quad (18)$$

$$X_{tij} \geq 0 \quad (19)$$

2.4. PROGRAMA DE FAENAMIENTO

De la misma manera que en la sección anterior es necesario programar la entrega de pollo en pie a las plantas faenadoras y al centro de ventas en pie. En esta sección nuevamente debemos decidir que granjas deben entregar a las plantas de faena y cuales enviaran a venta en pie. El problema es del tipo transporte generalizado.

SETS

- t , día de faenamamiento
- i , granjas
- j , destinos (plantas de faena o venta pie)

VARIABLES

- X_{tij} , la cantidad de pollos pie a entregar en el día t al centro j desde la granja i .

PARAMETERS

- F_{ij} , la cantidad de pollo en pie requerido por el centro j en la granja i .
- G_{ti} , cantidad de pollos en pie disponibles en el día t en la granja i .
- FT_t , la cantidad total de pollo en pie requerido en el día t .
- C_{ij} , costo de transporte desde el centro j a la granja i .

2.4.1. MODELO MATEMÁTICO

El modelo queda determinado por el conjunto de ecuaciones y desigualdades (22) - (26).

$$Min Z = \sum_t \sum_i \sum_j C_{ij} X_{tij} \quad (20)$$

Sujeto a las restricciones:

$$\sum_i X_{tij} = F_{ij} \quad (21)$$

$$\sum_j X_{tij} = G_{ti} \quad (22)$$

$$\sum_i \sum_j X_{tij} = FT_t \quad (23)$$

$$X_{ijk} \leq 0 \quad (24)$$

3. RESULTADOS

3.1. PROGRAMA DE INGRESO DE POLLO BB

Basado en la secuencia de ingreso de las granjas de engorde realizamos la programación del ingreso de pollito bb. Los resultados de la corrida de producción para el caso de estudio se muestran en la figura 1. El Ingreso de pollo bb es ordenado y mantiene la secuencia de ingreso de las granjas. A diferencia de la programación tradicional el programa optimizado permite utilizar la capacidad de las operaciones eficientemente.

3.2. PROGRAMA DE FAENAMIENTO

El programa de faena es uno de los procesos mas importantes en la cadena de producción de pollo, de su cumplimiento dependerá el nivel de servicio alcanzado. Se concluye esta etapa de planeación con la entrega de pollos desde las granjas hacia su

destino, planta faenadora o venta en pie. Los resultados del proceso de optimización fueron procesados informáticamente a través del programa desarrollado en VBA que denominamos

Programa de Pollos. Este reporte es de vital importancia pues constituye la herramienta que utilizan los gerentes de producción para ejecutar operativamente el mismo.

La figura 2 es un extracto del resultado de la optimización.

3.2. PROGRAMA DE CARGAS DE HUEVO FÉRTIL

Del programa de entrega de pollo bb descrito en la sección 3.1 es el que alimenta de la información necesaria para la programación de las cargas de huevo fértil en las incubadoras para determinar que planta de incubación entregará los pollos bb a las granjas. Al igual que en la sección anterior mostraremos a continuación una fracción del reporte de incubación que se envía cada mes a los gerentes de incubación para la ejecución del programa y ponerlo en operación.

3.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

En esta sección presentamos un comparativo de pollo bb por día y por semana. En lo que sigue la programación anterior hará referencia al sistema de planificación sin utilizar la optimización, mientras que la programación actual se referirá al nuevo modelo de programación vía optimización. En la figura 4 se observa la planificación de entregas de pollo bb por día. En esta figura es muy notorio como el nuevo programa se aproxima a la capacidad máxima de carga.

En el sistema anterior en la entrega tiende a un límite máximo de 286, impuesto por el propio sistema. Si la demanda de pollo bb empieza a crecer el sistema ya no podrá controlar el uso de la capacidad y mantener el rango de edades de faenamiento definidas, necesariamente tendrá que adelantar o retrasar la faena para poder cumplir con la restricción de capacidad de incubación.

Aparentemente en las condiciones actuales con capacidad de incubación superior el sistema anterior parecerá adecuado, sin embargo cuando comparamos las edades de faena, es muy notoria la ineficiencia de este método, ya que tiene altas concentraciones de faena en edades mayores a las edades con el programa actual, esto lo analizaremos mas adelante.

La gráfica 5 muestra el uso de la capacidad semanal de la incubadora, como se mencionó

anteriormente, la capacidad en exceso que hoy en día se tiene de alguna manera garantiza que no se sobrepase este límite. La gran ventaja que el nuevo sistema de planificación tiene radica en la integración de los procesos propios de la planificación de las operaciones.

La figura 6 muestra el comparativo de las edades de faenamiento, es importante notar la concentración en el sistema actual de planificación en la edades 41, 42 y 43 días, estas edades son las apropiadas para lograr el peso promedio objetivo al cual deben faenarse los pollos. En contraste el sistema anterior tiende a mover las edades de faena hacia los 44,45 y 46 días. Es muy lógico que este programa mueva las edades ya que de lo contrario no podrá concentrar los ingresos en los días de incubación hábiles y mantener el volumen de faena que se requiere. Por su propia naturaleza este sistema no garantizará a la faenadora el peso promedio esperado, en consecuencia habrá serios inconvenientes con el cumplimiento hacia los clientes. Por otro lado el sistema anterior ralentiza las vueltas, lo que ocasiona que el sistema tenga menor productividad, mas adelante resumiremos éste efecto en términos de costos.

Otro factor importante a considerar son los días de descanso. La figura 7 muestra el comparativo de los días de vacío de las granjas entre los dos métodos. El programa actual permite tener control de los días entre ingresos y por lo tanto controla los días de vacío de la granja. El sistema anterior en cambio al mover las edades de faena está retrasando el próximo ingreso lo que implica una ineficiencia productiva. Los días de rotación de la granja serán menores, esto se traduce al final de la cadena en un costo de producción mas elevado. Al igual que en el análisis anterior, el hecho de prolongar las edades de faenamiento implica el prolongamiento de los días de vacío sanitario en las granjas lo que a su vez significa que todo el sistema se vuelva ineficiente. Resumiendo, la capacidad instalada en pollitos bb en todo el sistema es de 10.6 millones de pollos por vuelta. Si considerásemos el sistema de planificación anterior la capacidad anual de producción será de 56.59 millones de pollos. Con el sistema de planificación actual se logró mejorar la edad de faenamiento promedio, logrando reducir en un día la edad promedio de todo el sistema, esto significó que la capacidad de producción anual se incremente a 57.35 millones de pollos. El incremento en capacidad fue de 760 mil pollos faenados anualmente. Esto implica que la utilidad de operación con la incorporación de ésta investigación a la empresa aumente en 740 mil dólares anuales.

4. CONCLUSIONES

Nuestro principal objetivo fue elaborar un modelo de planificación de la producción de pollo que integre a cada uno de los eslabones de la cadena. Los resultados que se mostraron en el capítulo 4 confirman el éxito alcanzado y la puesta en marcha del mismo nos ratifica que la decisión tomada en esa dirección fue la correcta. Hasta hace un par de años la planificación en toda la organización se realizaba en un 100% utilizando como herramienta solamente el Excel, hoy en día el proceso de planificación ha dado un giro de 360 grados con el sistema de planificación óptima integral, casi todos los procesos utilizan programación matemática para planificar las operaciones. Naturalmente fue necesario emprender todo un plan de capacitación a los planificadores para que estén aptos para emprender esta magna tarea. De los análisis realizados en el capítulo 4, el impacto económico de la propuesta es bien importante. Con la implementación del nuevo modelo de planificación, las mejoras planteadas se traducen al final en un incremento en la utilidad operativa del negocio en USD 740 mil anuales. Por otro lado la capacidad adicional de 760 mil pollos implica el ahorro neto en construcciones de granjas propias de 9 millones de dólares. En línea con ese pensamiento, la Dirección de Operaciones de la empresa adquirió software científico y profesional, como GAMS, LINDO (What'sBest), MATLAB. Con ello inicia un proceso de cambio importante en la forma de hacer las cosas, teniendo como base de todo a la optimización en general. Han pasado dos años desde que iniciamos esta transformación y los ahorros en costos han sido muy sustanciosos. El programa de producción de aves está en marcha con los resultados obtenidos en el presente trabajo y ha permitido optimizar el uso de las instalaciones muy eficazmente, reduciendo costos, rotando mejor los activos, mejorando el nivel de servicio y lo más importante manteniendo la rentabilidad de la compañía y la supervivencia en el largo plazo. Sin temor a equivocarse podrá decir que la programación matemática nos ha hecho la vida más sencilla. Un presupuesto de operaciones requería de varios días para elaborarlo, hoy en día por lo anteriormente mencionado, el mismo presupuesto puede ser elaborado en menos de 2 horas. Con mucha satisfacción se tiene que mencionar que la optimización nos ha abierto muchas puertas dentro de la organización, todo proyecto pasa por nuestras manos y en la mayoría de ellos la programación matemática es la herramienta principal para la toma de decisiones. Finalmente el modelo propuesto puede adaptarse fácilmente a cualquier empresa

productora que quiera mejorar su proceso productivo.

5. SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

En varias ocasiones se mencionó que algunos problemas no se abordaban porque iban más allá del alcance del presente trabajo. Naturalmente este trabajo se enfocó en la parte central de la Cadena de Abastecimiento, la producción. Pero es el primer paso que dimos en la optimización de toda la cadena de suministro.

Queda pendiente para futuros trabajos la optimización del proceso de reproducción, en donde el ciclo productivo es mucho más largo que en pollos. La vida de una reproductora es de 64 semanas en promedio, de las cuales 40 semanas están en producción. Bajo todas estas consideraciones hay que decidir cuantas pollitas reproductoras se debe importar semanalmente para garantizar el abastecimiento de huevo fértil semanal que requieren las incubadoras, para a su vez enviar los pollos bb a las granjas de engorde.

Por otro lado, en el presente trabajo llegamos hasta la planta de faenamiento y no consideramos el proceso de faena en si. En este proceso deberíamos considerar la planificación de la producción en función de los requerimientos del mercado, esto implica la planificación de rangos de peso, pollo entero o despresado, etc. Nuevamente podemos sugerir para trabajos futuros desarrollar un sistema de toma de decisiones para que optimice la producción de la faenadora y maximice el nivel de servicio con los clientes. En la actualidad estamos trabajando en este modelo para mejorar el nivel de servicio que la compañía ofrece a sus clientes.

Para finalizar se debe mencionar a la planta de alimentos. El costo del alimento en la producción de pollo procesado representa aproximadamente el 60% del costo total.

En este sentido es necesaria la utilización de la programación matemática para planificar el abastecimiento, la producción y la secuenciación de las máquinas para minimizar los costos de producción del alimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

- [1]. Daniel Delima. La programación matemática en la planeación de la producción: Alojamiento y salida de pollos. Master's thesis, Universidad Federal de Parana, Curitiba, Noviembre 2004.
- [2]. Miguel Taube Netto. Integrated planning for poultry production at sadia. In Proceedings of the 3rd ACM Symposium on Theory of Computing, pages 151{158, Shaker Heights, Ohio, 1971.
- [3]. Christos Papadimitriou and Keneth Steiglitz. Combinatorial Optimization. Dover Publications INC., Mineola, New York, 1998.
- [4]. Benhur Satir. A general production and financial planning model for integrated poultry organizations. Applied science, Middle East Technical University, Turkey, December 2003.
- [5]. Alexander Schrijver. Theory of Linear and Integer Programming. John Wiley, West Sussex PO19 1UD, England, 2000.

APÉNDICE - GRÁFICOS

FIGURA 1
Optimización de la cadena de producción de pollo utilizando programación matemática
Secuencia de ingreso de bb

DIA ENTREGA	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1	28	165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	165	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	120	42	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	65	0	21	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	34	40	54	72	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	118	54	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	30
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	28	329	48	120	42	65	40	21	34	40	54	108	118	144	30

FIGURA 2
Optimización de la cadena de producción de pollo utilizando programación matemática
Programa de pollos

Programa de pollos						Destino		
Dia ingreso	Granja	Pollos bb	Dia faena	edad	Venta pie	Faena	Total general	
1	1	28	44	43		26	26	
	Total 1						26	26
	2	165	43	42		85	85	
	Total 2						14	54
Total 1						40	140	
2	2	165	44	42		36	36	
	Total 2						28	90
	3	48	43	41		40	5	
	Total 3						40	5
Total 2						68	130	
4	4	120	47	43		40	72	
	Total 4						40	72
	5	42	46	42		25	25	
	Total 5							15
	7	40	46	42		37	37	
Total 4						40	148	
5	8	21	45	40		12	12	
	Total 8							8
	6	65	46	41		40	20	
	Total 6						40	20
Total 5						52	28	

FIGURA 3
Optimización de la cadena de producción de pollo utilizando programación matemática
Programa de incubación

			Incubadora ▾ Datos			
			inc1		inc2	
Día ingreso ▾	Granja ▾	%N ▾	Huevos	Pollos bb	Huevos	Pollos bb
1	1	81.0%	35	28		
	Total 1		35	28		
	2	81.0%	126	102		
			85.0%			74
Total 2			126	102	74	63
Total 1			160	130	74	63
2	2	81.0%	101	82		
	Total 2		101	82		
	3	81.0%	59	48		
			85.0%			97
Total 3			59	48		
Total 2			160	130	97	83
4	4	81.0%	59	48		
	Total 4		59	48		
	5	81.0%	52	42		
	Total 5		52	42		
	7	81.0%	49	40		
	Total 7		49	40		
Total 4			160	130	85	72
5	6	81.0%	80	65		
	Total 6		80	65		
	8	81.0%	26	21		
	Total 8		26	21		
Total 5			106	86		
8	9	81.0%	42	34		
	Total 9		42	34		
	10	81.0%	49	40		
	Total 10		49	40		
	11	81.0%	67	54		
	Total 11		67	54		
	12	81.0%	2	2		
		85.0%			82	70
Total 12			2	2	82	70
Total 8			160	130	82	70

FIGURA 4
Optimización de la cadena de producción de pollo utilizando programación matemática
Comparativo de ingreso de pollo bb diario

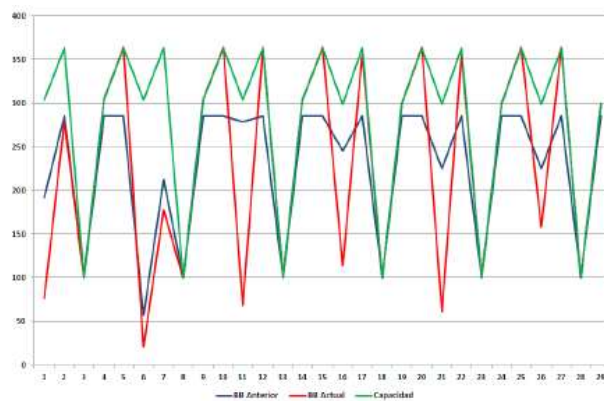


FIGURA 5
 Optimización de la cadena de producción de pollo utilizando programación matemática
Comparativo de ingreso de pollo bb semanal

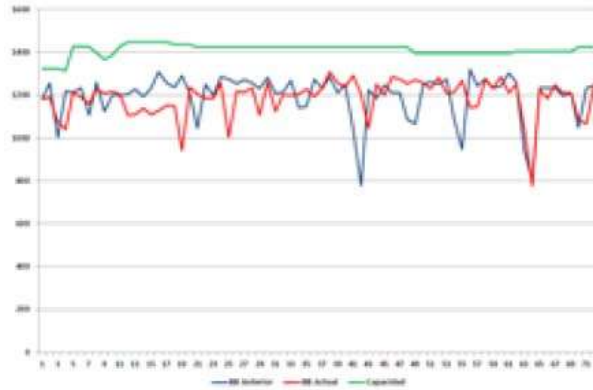


FIGURA 6
 Optimización de la cadena de producción de pollo utilizando programación matemática
Edades de faenamiento

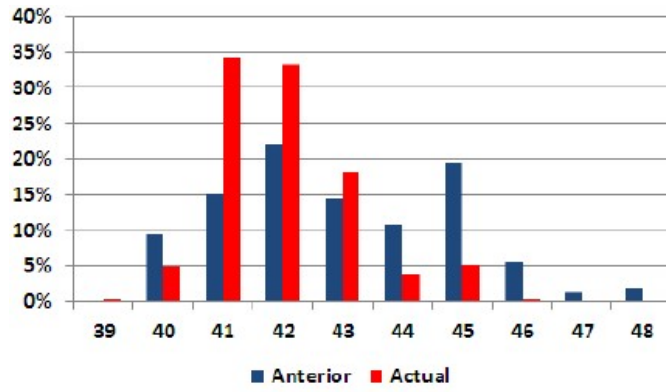


FIGURA 7
 Optimización de la cadena de producción de pollo utilizando programación matemática
Días de descanso

