

**“DISEÑO DE UN MODELO DE SIMULACION UTILIZANDO EL SOFTWARE
PROMODEL PARA PROGRAMAR LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS
CONCENTRADOS DE LA EMPRESA ITALCOL DE OCCIDENTE LTDA”**

**DIANA LORENA RESTREPO REYES
JOHNATAN VICTORIA VIUCHE**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y ESTADISTICA
PALMIRA
2012**

**“DISEÑO DE UN MODELO DE SIMULACION UTILIZANDO EL SOFTWARE
PROMODEL PARA PROGRAMAR LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS
CONCENTRADOS DE LA EMPRESA ITALCOL DE OCCIDENTE LTDA”**

**DIANA LORENA RESTREPO REYES
JOHNATAN VICTORIA VIUCHE**

**Trabajo de grado presentado para optar por el título de:
Ingeniero Industrial**

Director: Jimmy Gilberto Dávila Vélez-Msc. Ingeniería

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y ESTADISTICA
PALMIRA
2012**

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado:

Firma del jurado:

Firma del jurado:

Palmira, 07 de Marzo de 2012

DEDICATORIAS.

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Neylan.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi abuelo Cesar.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A la Universidad del Valle y en especial a la Facultad de Ingeniería por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

DIANA LORENA RESTREPO REYES

Me gustaría dedicar esta Tesis a toda mi familia.

Para mis padres Mariela y Ananías, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

JONATHAN VICTORIA VIUCHE

AGRADECIMIENTOS.

Al ingeniero Jimmy que con sus conocimientos impartidos durante el desarrollo de este trabajo facilitaron que llegue a concluir.

De igual manera a los gerentes propietarios de la empresa Itacol Ltda que nos ayudaron a desarrollar el presente trabajo y supieron brindar todas las facilidades para culminar el mismo y a todas las personas que nos supieron ayudar.

GLOSARIO

Bloqueos de sistema: cuando las tolvas de algún área de almacenamiento están llenas de producto en proceso y el producto que continúa en el programa de producción tiene como ruta una de estas tolvas el sistema debe pararse y replantear el programa de producción.

Mezcladora de alimentos concentrados: Es una máquina que mezcla dos o más sustancias por medio de espas que giran hasta que la mezcla alcanza un estado homogéneo.

Peletizadora de alimento concentrado: una peletizadora es una máquina que tiene como trabajo o actividad transformar y/o convertir la materia prima en pellet, que son piezas pequeñas de forma tubular. Los tipos de ella son variados por ejemplo peletizadora de hilo, peletizadora de disco, peletizadora de contraflujo.

Ensacadora de alimento concentrado: máquina destinada al llenado de sacos tipo válvula o abiertos.

Programa o secuencia de producción: Listado de productos en orden de fabricación.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2. JUSTIFICACION.....	19
2.1. JUSTIFICACIÓN TEORICA	19
2.2. JUSTIFICACION INVESTIGATIVA.....	19
2.3. JUSTIFICACION PRÁCTICA.....	20
3. OBJETIVOS	21
3.1. OBJETIVO GENERAL	21
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
4. MARCO TEÓRICO.....	22
4.1. PROGRAMACION DE PRODUCCIÓN:	22
4.1.1 Definición:	22
4.1.2 Ventajas de un buen programa de producción:	23
4.1.3 Configuración de Talleres:	23
4.1.4 Secuenciación de pedidos:	24
4.2. SIMULACION DE PROCESOS:	24
4.2.1 Definición:	24
4.2.2 Utilidades que proporciona la simulación de procesos.....	25
4.2.3 Simulación con PROMODEL:	25
5. ESTADO DEL ARTE.....	27
5.1. PROGRAMACION DE PRODUCCION	27
5.2. SIMULACION DE PROCESOS	29
5.3. SIMULACION CON PROMODEL.....	30

6.	DESARROLLO	33
6.1.	ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES ACTUALES QUE IMPACTAN LA GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA REFERENTE A LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	33
6.2.	CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO:	33
6.2.1	Área de dosificación y mezclado:.....	38
6.2.2	Área de almacenamiento de producto en harina.....	39
6.2.3	Área de peletización del producto en harina.	40
6.2.4	Área de almacenamiento de producto a empacar.	40
6.2.5	Área de salida del producto final.....	41
6.3.	DISEÑO DE UN MODELO COMPUTACIONAL PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	44
6.3.1	Locations.....	45
6.3.2	Entities.....	47
6.3.3	Path networks.....	47
6.3.4	Resources.....	52
6.3.5	Arrivals.....	53
6.3.6	Variables	54
6.3.7	Processing	56
6.3.8	Calibración del modelo de simulación.....	56
6.4.	IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO COMPUTACIONAL PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	58
7.	RESULTADOS.....	64
7.1	CONCLUSIONES	69
7.2	RECOMENDACIONES	69
8.	BIBLIOGRAFIA.....	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación costo tonelada vs ocurrencias de cambios de programa año 2010	15
Tabla 2. Comparación ocurrencias de cambios de programa vs nivel de servicio al cliente del año 2010 Itacol de occidente L.T.D.A.....	17
Tabla 3. Frecuencia y porcentaje de causas	36
Tabla 4. Diagrama de flujo de proceso productivo.....	37
Tabla 5. Rendimiento Peletizadora.....	42
Tabla 6. Rendimiento ensacadora.....	43
Tabla 7. Clasificación y descripciones de las locations.....	45
Tabla 8. Escenario de Programa de producción	64
Tabla 9. Primeros resultados del escenario de programa de producción	64
Tabla 10. Últimos resultados del escenario de programa de producción.....	66
Tabla 11. No. pedidos procesados año 2010 vs 2011	64
Tabla 12. Comparación costo tonelada vs ocurrencias de cambios de programa año 2011	64
Tabla 13. Nivel de servicio promedio año 2011	66
Tabla 14. Nivel de servicio 2010 vs 2011.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Costo por tonelada producida año 2010	16
Figura 2. Cambios de programa año 2010.....	16
Figura 3. Nivel de servicio al cliente año 2010	17
Figura 4. Tendencia anual del nivel de Servicio.....	18
Figura 5. Bodega de producto terminado	33
Figura 6: Diagrama Ishikawa (Cambio continuo en programa de producción)	34
Figura 7. Diagrama de Pareto variación del programa de producción	35
Figura 8. Layout Esquema del simulador	38
Figura 9. Área de dosificación y mezclado.....	39
Figura 10. Área de almacenamiento de producto en harina	39
Figura 11. Área de peletización del producto en harina.....	40
Figura 12. Área de almacenamiento de producto a empacar	40
Figura 13. Área de salida del producto final.....	41
Figura 14. Layout – Esquema del simulador.....	44
Figura 15. Entities Líneas	47
Figura 16. Paths de redes peletizadoras	48
Figura 17. Path network red_pelet1	48
Figura 18. Path network red_pelet2	49
Figura 19. Path network red_pelet3	49
Figura 20. Path network red_pelet4	50
Figura 21. Path Network red granelero	50
Figura 22: Path network red_trans_30.....	51
Figura 23. Path network via_mascotas.....	51

Figura 24: Path Network red_mascotas.....	52
Figura 25. Resources.....	52
Figura 26: Arrivals de productos	53
Figura 27. Variables de simulador ITALCOL	54
Figura 28. Variables de tipo real simulador ITALCOL	55
Figura 29. Processing simulador ITALCOL.....	56
Figura 30. Descarga de pedidos	59
Figura 31. Descarga de ventas	60
Figura 32. Venta diaria de productos	60
Figura 33. Necesidades de Producción	61
Figura 34. Rendimiento diario de maquinas	62
Figura 35. Formato de programa de producción	63
Figura 36. Cuadro de entrada de programa de produccion.....	63
Figura 37. Costo tonelada producida	65
Figura 38. Cambio de programa	65
Figura 39. Cambios de programa vs nivel de servicio.....	66
Figura 40. Costos mensuales de producción 2010 vs 2011.....	67
Figura 41. Nivel de servicio 2010 vs 2011.....	68

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Tiempos de produccion	73
--------------------------------------	----

RESUMEN

Este documento presenta un caso estudio para la creación de un modelo para la programación de la producción en una empresa del sector alimenticio, específicamente en el subsector de alimentos concentrados de la ciudad de Palmira, el cual incorporó la utilización de la simulación como herramienta de apoyo en la toma de decisiones. Inicialmente se efectuó el diagnóstico de la situación inicial de la empresa analizando los factores que influyen en la programación de la producción; con base en estos criterios se identificó la problemática y se crearon varias alternativas de solución; en el software de simulación Promodel se realizó la corrida de los modelos de la secuencia propuesta en que se debía programar la producción, se comparó el desempeño de cada uno de estos modelos (actual y propuesto) y se observó que la nueva secuencia de producción mejoró los criterios de tiempo de espera, unidades en el sistema y utilización de recursos.

Palabras Clave: diseño, modelo programación de producción, simulación, software, sector de alimentos concentrados.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimento concentrado, es una industria en constante crecimiento tecnológico, donde las medianas y grandes empresas utilizan sistemas complejos de transportadores y tolvas para aumentar su capacidad de producción, pero este crecimiento obliga que los métodos para programar la producción no sean los mismos y que estos vayan de la mano con el crecimiento tecnológico. Este es el caso de Itacol de occidente Ltda una empresa dedicada a la producción de alimento concentrado, que debido al aumento de su participación en el mercado, mantiene en un constante aumento de su capacidad productiva pero eso ha incrementado la complejidad de programar la producción.

La programación de la producción es una de las grandes preocupaciones del departamento de producción en Itacol Ltda, ésta programación siempre es elaboraba en papel y lápiz entre el gerente de producción y el supervisor; pero debido al incremento de tolvas y maquinas que ha tenido la empresa, el sistema de producción aumentó su complejidad, es ahí donde la tecnología ofrece su ayuda para esta labor, con una herramienta como la simulación de producción.

La simulación de producción ha cobrado importancia en los últimos años debido a las ventajas que ofrece, ya que con pocos recursos podemos anticipar como un cambio puede afectar el sistema en general.

El presente trabajo analiza la problemática del departamento de producción referente al método de programar la producción, donde se tienen en cuenta diferentes indicadores que de una u otra forma intervienen directamente con la problemática, debido a esto, se pretende diseñar una herramienta computacional que facilite la forma de programar la producción en la empresa Itacol y a su vez esta programación entregue mejores resultados, aprovechando más los recursos que la empresa posee e incrementando indicadores como el nivel de servicio al cliente.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ITALCOL DE OCCIDENTE LTDA es una empresa cuyo objeto social es la fabricación, distribución, venta y explotación de alimentos concentrados para animales. Posee nueve fábricas en Colombia y una en Panamá, cada una con un promedio de producción de 9000 toneladas.

El método para programar la producción que actualmente emplea la fábrica, que se ubica en el Km 11 vía Recta Palmira-Cali, se establece de acuerdo al conocimiento y la experticia del supervisor de producción de turno, quien examina la cantidad de producto terminado que se encuentra en bodega, evalúa la cantidad de producto en proceso y con estos datos determina a qué productos se le dará prioridad, generando la secuencia del programa de producción.

Sin embargo, esta secuencia de producción no se mantiene durante el turno, debido a constantes bloqueos que presenta el sistema, los cuales obligan a realizar cambios de programa, para lograr un flujo continuo en el proceso. Dichos bloqueos se ocasionan por congestión de producto en proceso en su ruta de fabricación ya sea en los transportadores, elevadores, maquinas y tolvas; y la única forma de descongestionar el sistema, es alterar la secuencia de producción original, enviando a fabricación, productos que tengan una ruta de producción diferente, y que esta esté libre de producto en proceso.

Los diferentes cambios de programa de producción que suelen presentarse en el turno, hace que se disminuya la cantidad de toneladas producidas, generando un incremento de los costos por tonelada producida ya que el departamento de producción se ve en la obligación de incrementar sus horas de trabajo, haciendo algo indebido, ya que la empresa presupuestó a principio de año trabajar 16 horas diarias (dos turnos de trabajo), y en la actualidad se está trabajando hasta 20 y 23 horas diarias de producción, esto ha ocasionado un incremento en los costos directos de producción, aumentando así el costo por tonelada de producto terminado y una disminución de las utilidades.

Tabla 1.Comparación costo tonelada vs ocurrencias de cambios de programa año 2010 Italcot de occidente L.T.D.A.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre
COSTO POR TONELADA PRODUCIDA (\$/ton)	34510	37050	38220	31630	32690	37380	36060	29930	41320	33130
CAMBIO PROGRAMA	72	144	192	96	96	168	120	72	216	96

En la tabla 1 se ilustra como en los meses del año 2010 aumenta y disminuye las ocurrencias de cambios de programa, al igual que el costo por tonelada producida.

Figura 1. Costo por tonelada producida año 2010 Itacol de occidente L.T.D.A.

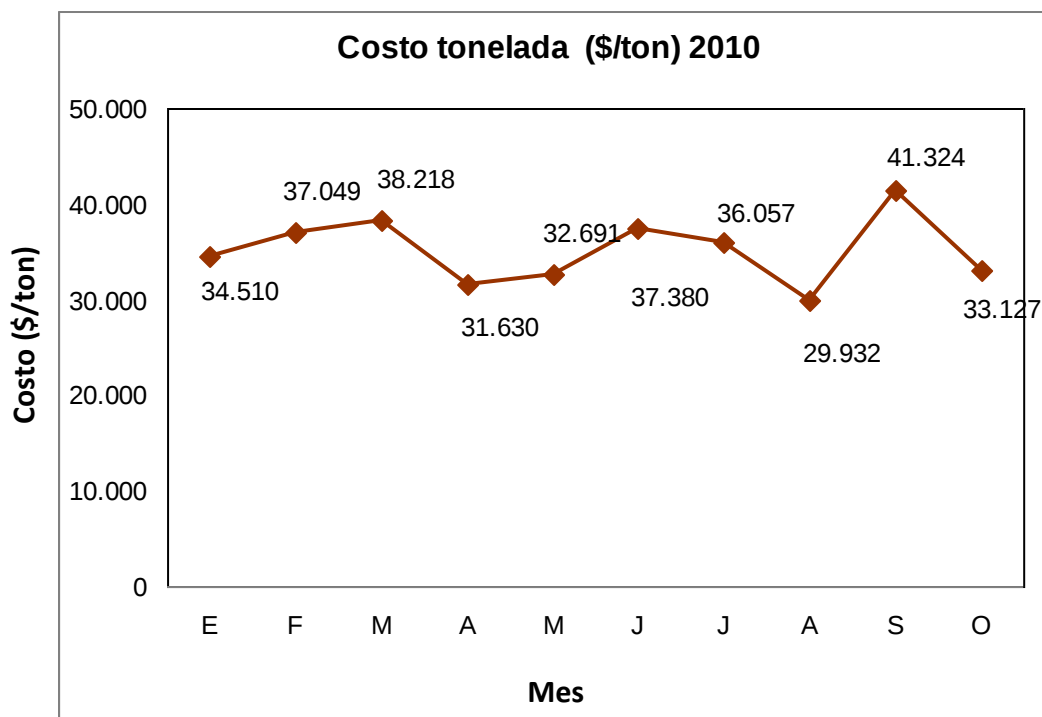
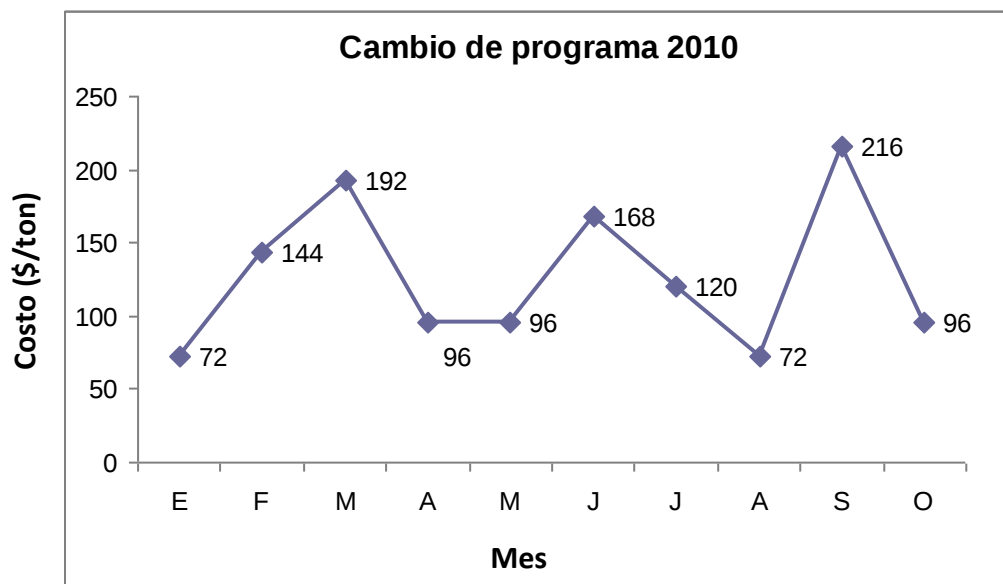


Figura 2. Cambios de programa año 2010 Itacol de occidente L.T.D.A.



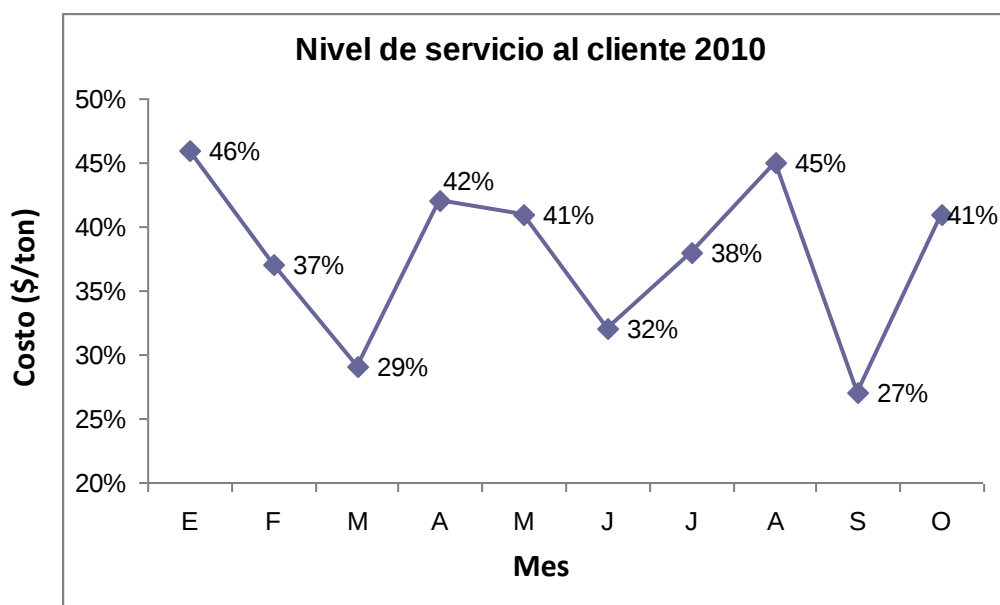
En las figuras 1 y 2 se observa como el comportamiento del número de cambios al programa y el costo por tonelada tiene comportamientos similares, lo que puede significar una dependencia entre las dos variables.

Además el cambio de la secuencia de producción (cambios de programa) genera que los productos lleguen a la bodega en un orden diferente al que se necesita para cumplir los pedidos; generando así, productos faltantes, sobrantes e insatisfacción al cliente como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Comparación ocurrencias de cambios de programa vs nivel de servicio al cliente del año 2010 Itacol de occidente L.T.D.A.

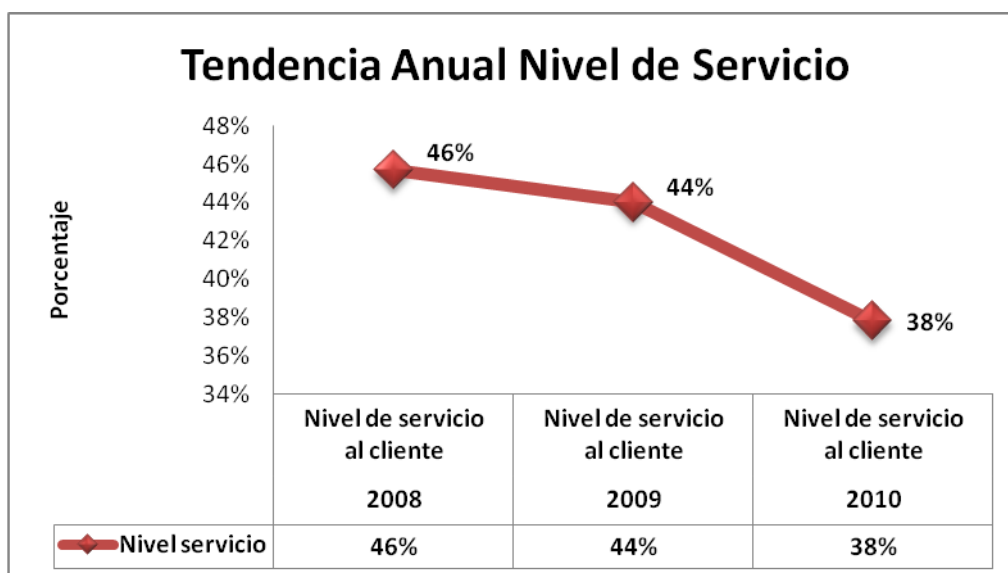
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre
Cambios de programa	72	144	192	96	96	168	120	72	216	96
Nivel de servicio al cliente	46%	37%	29%	42%	41%	32%	38%	45%	27%	41%

Figura 3. Nivel de servicio al cliente año 2010 Itacol de occidente L.T.D.A.



En la tabla 2 y en la figura 3, se puede observar como al incrementarse el número de cambios al programa de producción, el nivel de servicio disminuye. Al realizar un análisis del comportamiento del nivel de servicio de los últimos tres años (2008-2010), se observa como éste ha venido desmejorando año a año, lo cual está afectando notablemente a la organización.

Figura 4. Tendencia anual del nivel de Servicio Itacol de occidente L.T.D.A.



Para determinar la relacion existente entre los cambios de programa con el costo por tonelada producida y los cambios de programa con el porcentaje de nivel de servicio, se realiza un analisis de correlacion observando un coeficiente de correlacion del 91.3% y 99.2% respectivamente; lo que indica que si se consigue una disminuci3n en los cambios de programa, se lograria obtener una disminuci3n en el costo por tonelada producida y un incremento en el nivel de servicio al cliente.

Lo descrito anteriormente refleja la necesidad de una herramienta que facilite la forma de programar la producci3n, ocasione menos paradas del sistema, maximizando la utilizaci3n de recursos y mejorado el nivel de servicio al cliente.

2. JUSTIFICACION

2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Actualmente las empresas enfrentan grandes retos por subsistir dentro de un mercado competido, en el cual el objetivo primordial de minimizar costos se ha convertido en una constante, sin que esto perjudique la calidad que el consumidor demanda del producto o servicio.

Con esta investigación se busca determinar la importancia que tiene la simulación de procesos productivos, a la hora de disminuir el número de paradas del proceso debido a tiempos perdidos generados por la forma como se programa la producción actualmente en la empresa; debido a que depende del conocimiento y la experticia que tenga el programador en su momento; con el fin de mejorar la competitividad y productividad de la empresa.

Lo descrito en el párrafo anterior se logra con la medición de cada una de las variables críticas del proceso productivo, como los tiempos de elaboración por líneas de productos en cada fase del proceso, identificando las externalidades que los afectan y el porcentaje en que se encuentran. Este procedimiento se hace para formular un nuevo sistema para programar la producción, debido a que no sólo se tendrá en cuenta el departamento de producción, sino también el departamento de ventas y el área de despachos.

2.2. JUSTIFICACIÓN INVESTIGATIVA

Los programas de simulación son una herramienta computacional que simplifica el análisis y mejora las partes de un proceso, como por ejemplo, la producción de alimentos concentrados, donde hay varios productos con la misma ruta de fabricación, que aumentan la probabilidad de bloqueos del sistema.

Empresas como Philips, General Electric, Siemens han utilizado el software PROMODEL para simular sus procesos productivos con el fin de generar proyecciones sobre su comportamiento, teniendo en cuenta cada una de las variables críticas de la organización, logrando que estos modelos sean lo más parecido a la realidad, esta simulación les ayuda a determinar cuáles son las acciones o alternativas que deberán tener en cuenta, en el momento de establecer su secuencia de producción, logrando disminuciones hasta del 90% de los tiempos perdidos ocasionados por las paradas del proceso. En esta investigación se quiere implementar un sistema para programar la producción con base a los resultados

arrojados por el modelo de simulación diseñado que permita incrementar el nivel de servicio al cliente y por consiguiente lograr una disminución en el costo de producción.

2.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La investigación tendrá resultados concretos y medibles en la empresa *ITALCOL de Occidente LTDA*, estos resultados se verán reflejados en una manera más viable de establecer la secuencia de programación de los productos al momento de su fabricación; con el objetivo de disminuir las paradas del proceso, aumentando el nivel de servicio y consiguiendo una disminución en el costo por tonelada.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de simulación para programar la planta de producción de la empresa Itacol; que permita mejorar el nivel de servicio y disminuir los costos por tonelada.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Analizar las condiciones actuales que impactan la gestión de la logística de producción de la empresa referente a la programación de la producción.
2. Caracterizar las operaciones del proceso de producción.
3. Diseñar e implementar un modelo computacional para la programación de la producción.
4. Comparar los resultados del modelo de simulación para la programación de la producción con el sistema actual de la empresa, con el fin de determinar cual genera mejor desempeño.

4. MARCO TEÓRICO

La sección de producción en la industria puede considerarse como el corazón de la misma, y si la actividad de esta sección se interrumpiera, toda la empresa dejaría de ser productiva. Pero algo esencial para que un departamento de producción obtenga resultados positivos es una buena programación y control de la producción.

La importancia de la programación y control de la producción, radica en que debe de existir una perfecta coordinación entre estas para que el producto que se está elaborando fluya sin interrupciones hacia su embarque. El control de la producción tiene el doble propósito de dirigir la ejecución de las actividades planeadas previamente y de vigilar su desarrollo para descubrir y corregir las irregularidades. El control de la cantidad se concentra en la obtención de la producción deseada dentro de los límites de la fecha de entrega prometida.

Una de las herramientas que se ha desarrollado más en los últimos 10 años es la simulación de producción, La combinación de la simulación con optimización permite que esta evaluación del programa de producción sea: 1) Automática y 2) Encuentre una solución factible en forma rápida. Nuevamente, esto está en función de las condiciones y características del problema y es un generador de ingresos para la compañía si se hace en forma eficiente y rápida, ya que ahorra tiempo, y si ese tiempo es en el cuello de botella estamos hablando de oportunidades de rentabilidad que impactaran al negocio en una forma extrema.

4.1. PROGRAMACION DE PRODUCCIÓN:

4.1.1 Definición¹

La programación consiste en establecer detalladamente donde y cuando va a realizarse cada orden; un programa indica que orden especifica se va a realizar en un orden específico. Uno de los aspectos que más influyen en la organización de una empresa es la programación de la producción. Siguiendo un ordenamiento lógico, la programación de la producción debe ser un paso posterior a la planeación. Con la programación se determina cuándo se debe iniciar y terminar cada lote de producción, qué operaciones se van a utilizar, con qué máquina y con qué operarios.

¹Joan B. Fonollosa. Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT. Primera edición. 1999 Capítulo 1 Gestión de Producción.

4.1.2 Ventajas de un correcto programa de producción²

Un correcto programa de producción trae algunas ventajas para la empresa. Entre ellas están:

- Los pedidos se pueden entregar en las fechas estipuladas
- Se calculan las necesidades de mano de obra, maquinaria y equipo. Así habrá una mejor utilización de estos recursos
- Se pueden disminuir los costos de fabricación

4.1.3 Configuración de Talleres³

4.1.3.1 Talleres de configuración continua o en serie:

Aquellos en donde las máquinas y centros de trabajo se organizan de acuerdo a la secuencia de fabricación (líneas de ensamblaje), con procesos estables y especializados en uno o pocos productos y en grandes lotes. En ellos, las actividades de programación están encaminadas principalmente, a ajustar la tasa de producción periódicamente.

4.1.3.2 Talleres de configuración por lotes:

En los que la distribución de máquinas y centros de trabajo, se organizan por funciones o departamentos con la suficiente flexibilidad para procesar diversidad de productos. Estos pueden ser de dos tipos:

•**Configurados en Flow Shop:** Donde los distintos productos siguen una misma secuencia de fabricación.

•**Configurados en Job Shop:** Aquellos donde los productos siguen secuencias de fabricación distinta.

² Norman Gaither Greg Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Octava edición. 2003 Capítulo 9 Sistema de la Planeación de la Producción.

³ Norman Gaither Greg Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Octava edición. 2003 Capítulo 12 Planeación y Control Taller en la manufactura.

4.1.4 Secuenciación de pedidos⁴

Secuenciación de pedidos: Esta actividad consiste, en la determinación del orden en que serán procesados los pedidos en cada centro de trabajo, una vez establecida la existencia de capacidad. El problema de la Secuenciación se hace más complejo en la medida que aumenta el número de centros de trabajo, sin importar la cantidad de pedidos; así mismo, es importante tomar en cuenta el tipo de configuración del taller, pues de esto depende la aplicabilidad de las diferentes técnicas. En lo referente a talleres configurados en Flow Shop, las técnicas más conocidas son:

- **Técnicas de Secuenciación en una máquina:** algoritmo húngaro, algoritmo de Kauffman, regla SPT y el método de persecución de objetivos utilizado en los sistemas Kanban.
- **Técnicas de Secuenciación en varias máquinas:** regla de Johnson para N pedidos y dos máquinas, regla de Johnson para N pedidos y tres máquinas y reglas para N pedidos y M máquinas (algoritmo de Campbell-Dudek-Schmith, algoritmo de Bera, técnicas de simulación, sistemas expertos y más recientemente los Sistemas Cooperativos Asistidos).

Para los talleres configurados en Job Shop, debido a la diversidad en la secuencia de operaciones, no es posible emplear alguna técnica de optimización, por lo cual, la secuencia de operaciones, se establece en función de los objetivos específicos de cada programador, a través del uso de reglas de prioridad.

4.2. SIMULACION DE PROCESOS⁵

4.2.1 Definición:

La simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo. La simulación permite efectuar una evaluación económica preliminar del proceso, predecir posibles fallas o formas de mejorar el proceso antes de pasar a la realidad.

⁴Jose M^a Cataño Farrero. Dirección de la producción: Casos de Aplicación. Segunda edición. 2003 Capítulo 11 Planificación y Control a corto plazo.

⁵Raul Coss Bu. Simulación un enfoque practico. Sexta edición. 2003 Capítulo 1 Introducción a la simulación.

La simulación de procesos tienen una amplia gama de aplicación que va desde la creación del proceso, pasando por formas de optimizarlo (variables de la operación, características de los insumos, minimización de desechos y uso de energía) hasta el entrenamiento de ingenieros, operadores hasta el análisis de nuevos procesos para nuevos productos y la automatización de los procesos. Todas estas aplicaciones no hacen más que darle un valor agregado a la industria y ofrecerle una mayor competitividad frente al mercado.

4.2.2 Utilidades que proporciona la simulación de procesos

- Mejora la competitividad detectando ineficiencias motivadas por la descoordinación entre secciones de una misma planta.
- Anticipa lo que pasaría en producción si cambiamos variables como unidades a fabricar, operarios, máquinas, etc.
- Informa de los costes reales por artículo, valorando el impacto real de cada lote dentro del total a fabricar.

4.2.3 Simulación con PROMODEL⁶

4.2.3.1 Definición:

Promodel es un software especializado en simulación para evaluar, planificar o rediseñar procesos de manufactura, almacenaje, distribución, logística y transporte. Esta herramienta fácil de utilizar, le permite construir una representación computacional del funcionamiento de su empresa, para luego evaluar diferentes escenarios de configuración y proveerlo de la mejor solución. La animación y resultados gráficos son herramientas extremadamente poderosas para visualizar y entender el comportamiento de su sistema.

4.2.3.2 Ventajas de simular con Promodel:

Puedes simular Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar, Jalar, Logística, etc. Prácticamente, cualquier sistema puede ser modelado.

Beneficios Clave:

- Único software de simulación con Optimización plenamente integrada
- Creación de modelos rápida, sencilla y flexible.
- Modelos optimizables.

⁶Garcia Dunna Eduardo. Simulación y análisis de sistemas con Promodel. Primera edición. 2006 Capítulo 1 Principios básicos de la Simulación.

- Elementos de Logística, Manejo de Materiales, y Operaciones incluídas. (Bandas de transporte, Grúas Viajeras, Operadores).
- Entrenamiento en Español.
- Resultados probados.
- Importación del Layout de Autocad, y cualquier herramienta de CAD / CAE / Diseño, así como de fotografías digitales.
- Soporte Técnico 24 horas al día, 365 días del Año.
- Integración a Excel, Lotus, Visual Basic y herramientas de Microsoft.
- Genera en automático las gráficas en 3 dimensiones para visualización en el espacio tridimensional.

⁶Garcia Dunna Eduardo. Simulación y análisis de sistemas con Promodel. Primera edición. 2006 Capitulo 1 Principios básicos de la Simulación.

5. ESTADO DEL ARTE

De acuerdo a las siguientes investigaciones respecto a programación de producción, simulación de procesos y simulación con Promodel, se obtuvieron las bases para el proyecto y plantear una solución a la problemática:

5.1. PROGRAMACION DE PRODUCCION

En la investigación realizada por Wang, J. & Zhang, Y. F. de la Universidad nacional de Singapur en el 2008 “Reducción de los trabajos tardíos mediante la integración de la planeación de procesos y funciones de programación”⁷ presentaba un problema en las fechas de entrega de los pedidos, debido a una deficiencia en el cumplimiento de la planeación de la producción.

Identificaron que para eliminar este problema debían trabajar en la reducción de los trabajos tardíos, esto lo hicieron mediante la integración de la planeación del proceso y las funciones de la programación. Esto lo hacen empleando tres módulos, uno para la planificación de los procesos, el segundo para la programación de los trabajos y el tercero para medir el desempeño de los trabajos tardíos.

La planeación de procesos para los trabajos son generados en el primer modulo mediante un algoritmo, después se programan los trabajos en el segundo módulo con algoritmos basados en las reglas de prioridad SPT(tiempo de procesamiento más corto) y EDD (fecha de entrega más cercana); y por último se mide el desempeño de los trabajos tardíos en el tercer modulo que utiliza algoritmos heurísticos; los cuales identifican trabajos tardíos que son susceptibles a cambios en el proceso, y los devuelve al primer modulo para ser replanteados con nuevas restricciones. Este proceso se repite hasta encontrar un plan de solución óptimo. La implementación de esta herramienta consiguió una disminución en los costos de fabricación.

En la investigación realizada por Wang, J. & Zhang, Y. F. de la Universidad nacional de Singapur en el 2009 “Simulación basada en meta-modelos para la programación de un taller de trabajo dinámico”⁸, con tiempos de preparación dependientes de la secuencia, realizaron una investigación en una empresa, que presentaba una disminución en el nivel de servicio al cliente; debido a un problema en la programación de la producción ya que al momento de generar la secuencia de producción no tenían en cuenta los tiempos de preparación, conllevando a una disminución en la producción de la planta.

⁷Wang, J. & Zhang, Y. F. “Reducción de los trabajos tardíos mediante la integración de la planeación de procesos y funciones de programación” Universidad nacional de Singapur en Singapur – 2008

⁸Wang, J. & Zhang, Y. F. “Simulación basada en meta-modelos para la programación de un taller de trabajo dinámico” Universidad nacional de Singapur en Singapur-2009

Este artículo presenta los aspectos más destacados de un estudio experimental basado en la simulación de las normas de programación, para la programación de un taller dinámico en el que los tiempos de preparación son dependientes de la secuencia.

Se desarrolla un modelo de simulación de eventos discretos para un taller de trabajo con el fin de experimentación; que se caracteriza por diferentes proporciones de tiempo de preparación y los resultados de la simulación son analizados mediante pruebas estadísticamente significativas.

Los resultados indicaron que al generar una secuencia de programación teniendo en cuenta los tiempos de preparación, lograron conseguir un mejor desempeño en el proceso y un incremento en el nivel de servicio al cliente, ya que podían cumplir con los pedidos en los tiempos de entrega establecidos.

En el proyecto realizado por Castrillon Omar D. de la Universidad Nacional de Colombia en el 2010 “Diseño de una hiper-heurística para la programación de producción en entornos de talleres de trabajo”¹⁰ el cual tiene como objetivo disminuir el tiempo de proceso (Makespan) e incrementar el tiempo de trabajo de las máquinas, disminuyendo el tiempo de ocio en ambientes de job shop, a través del diseño de una hiperheurística basada en colonia de hormigas y algoritmos genéticos. Este trabajo se desarrolla en dos etapas: en la primera se realiza la definición e identificación de una hiperheurística para la secuenciación de procesos en ambientes Job shop. En la segunda etapa es mostrada la efectividad del sistema en la programación de la producción. En el proyecto de investigación se seleccionó una empresa del sector metalmecánico, donde por medio de una combinación de colonia de hormigas y algoritmos genéticos se programa la ruta óptima para un pedido, logrando la optimización o sub-optimización de su respectivo tiempo total de proceso en un porcentaje superior al 95%.

El estudio realizado por Montoya Jairo R. en la Universidad del Norte de Barranquilla en el 2008 “Implementación de un procedimiento basado en algoritmos evolutivos para programar la producción de marquillas estampadas por transferencia térmica”¹¹ llevo a cabo un estudio sobre la problemática de la planificación de la producción, en una empresa manufacturera de marquillas para ropa, estampadas por transferencia térmica.

¹⁰Castrillon Omar D. “Diseño de una hiper-heurística para la programación de producción en entornos de talleres de trabajo” Universidad Nacional de Colombia Manizales-2010

¹¹Montoya Jairo R. “Implementación de un procedimiento basado en algoritmos evolutivos para programar la producción de marquillas estampadas por transferencia térmica” Universidad del Norte de Barranquilla en Barranquilla-2008

El problema se modela utilizando la configuración de un flowshop flexible, con el objetivo doble de minimizar el lapso de fabricación (makespan) y el número de trabajos tardíos. Se propone un enfoque de resolución objetivo, basado en algoritmos evolutivos. A partir de un conjunto de datos proveniente de órdenes reales de empresa, los experimentos muestran la pertinencia del procedimiento propuesto, tanto en términos comparativos, con respecto a la forma tradicional de programación manual de la producción, como con respecto a procedimientos conocidos en la literatura. Los resultados de la implementación en la empresa en los últimos meses muestran, igualmente, un mejoramiento considerable en los indicadores propios de desempeño de la línea de producción.

5.2. SIMULACION DE PROCESOS

En la investigación realizada por Lin Huiping de la Universidad de Tsinghua, Beijing en el 2009 “Análisis de procesos de fabricación con el apoyo de la modelización y la simulación de flujo de trabajo”¹², del análisis del proceso de fabricación (MPA) se define como el análisis del rendimiento del proceso de producción, con herramientas graficas que permitan observar el proceso productivo sin necesidad que este ocurra realmente.

La propuesta de un modelo de flujo de trabajo compuesto (CWM) permitirá, la representación gráfica del proceso de producción, que sea fácil de entender, también puede ser utilizada directamente por simulación para estudiar los impactos de la política de planificación y analizar el desempeño del proceso. Un método de simulación de dos etapas de análisis; proporciona para definir cuantitativa y eficientemente la causa y efecto de las relaciones a identificar y los conductores a mejorar.

En su investigación Chen Chi-Kuang & Tsai Cheng-Ho de la Universidad Yuan Ze de Taiwan en el 2008 “Desarrollo de un proceso de re-ingeniería de sistema orientado hacia el cambio organizacional de exploración de simulación”¹³ sobre un método para simular procesos productivos basándose en la unificación de dos conceptos que se han trabajado de manera independiente, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la eficacia de una organización.

¹²Lin Huiping “Análisis de procesos de fabricación con el apoyo de la modelización y la simulación de flujo de trabajo” Universidad de Tsinghua, Beijing-2009

¹³Chen Chi-Kuang & Tsai Cheng-Ho “Desarrollo de un proceso de re-ingeniería de sistema orientado hacia el cambio organizacional de exploración de simulación” Universidad Yuan Ze de Taiwan-2008

En las últimas dos décadas, la reestructuración de empresas reingeniería de procesos (BPR) y la organización (OR) han sido dos de los métodos más populares para mejorar la eficiencia y la eficacia de una organización. Sin embargo, una revisión de la literatura revela que los dos enfoques se han estudiado de forma aislada. El vacío teórico en la investigación académica se refleja también en la práctica. El artículo propone una orientación al cliente y el proceso se centró en dos etapas-estructurales, para abordar estas deficiencias teóricas.

Dos conceptos clave se introducen en este marco de dos etapas. El primero es el "módulo de proceso (PM), lo que indica un conjunto de actividades secuenciales comunes que se pueden agrupar como una subunidad de un proceso del trabajo. El segundo es el "macro-proceso" (MP), lo que indica que un conjunto de procesos del trabajo tienen características o funciones similares. Los dos conceptos sirven como 'los peldaños' entre BPR y OR. En base a estos dos conceptos, las reglas de decisión y el modelo matemático / simulación se pueden desarrollar en este marco en dos etapas.

5.3. SIMULACION CON PROMODEL

En su proyecto Field Dennis W. de la Universidad Eastern Kentucky de Richmond en el 2009 "Simulación de la puesta en marcha de matrices de nano poros en una planta manufacturera"¹⁴, implementó la simulación en una empresa, para observar el impacto que este tendría en el proceso de fabricación, ya que la simulación es una herramienta poderosa en el desarrollo y la solución de problemas en los procesos de fabricación, especialmente al considerar los flujos de procesos para los sistemas de fabricación que aún no existen. La simulación puede cerrar la brecha en términos de creación de fabricación a escala de productos de la nanotecnología.

Un uso eficaz del software de simulación donde se identifica en el análisis de un flujo de procesos de fabricación típica de óxido de aluminio anodizado (AAO). Los modelos de simulación, utilizando el software de simulación **ProModel**, se han desarrollado sobre la base de los flujos de producción, proyecta los tiempos de proceso y equipos. Se hizo un intento de estimar con realismo los tiempos de proceso y capacidades y los resultados del modelo, en términos de valores cuantitativos, se encontraron igual de importante que las actividades involucradas en la creación de los modelos.

¹⁴Field Dennis W. "Simulación de la puesta en marcha de matrices de nano poros en una planta manufacturera" Universidad Eastern Kentucky de Richmond-2009

En su proyecto Sandanayake YG. & Oduoza, C.F. de la Universidad de Wolverhampton en Shifnal Road en el 2008 “Una modelación y simulación sistemática enfocada al desempeño del JIT”¹⁵ desarrollaron un equipo robusto asistido con herramientas de simulación y modelación el cual permite visualizar, analizar y optimizar los complejos procesos de producción con una cantidad razonable de tiempo e inversión. Una revisión de la literatura muestra que la simulación y el modelado no han sido ampliamente aplicados en just-in-Time (JIT) los entornos de fabricación. También la falta de un mecanismo global para identificar los factores más importantes del JIT, con el propósito de la optimización del sistema de proceso.

El principal objetivo de este estudio es llenar ese vacío mediante la aplicación de herramientas informáticas de simulación y la modelización matemática lineal para identificar el impacto de determinados parámetros claves del JIT en el rendimiento de la fabricación de componentes de un automóvil. La investigación muestra que las variables tales como la distribución de tareas consisten, en la variación del proceso y el rendimiento del operador.

En este estudio, la simulación ProModel y software de diseño se utiliza para modelar y simular diferentes escenarios de experimentación a fin de comprender y cuantificar el impacto de determinadas variables de entrada de JIT en la función objetivo (es decir, tiempo de proceso y el tiempo de procesamiento). El resultado es un modelo sólido matemático que pone de relieve la importancia de los conductores de JIT en las líneas de montaje manual de modelo mixto.

En un estudio realizado por Carlos Peñaranda Huerta y Daniel Aníbarro Zelaya, de la Universidad del Valle en Perú en el 2007 “Optimización de una Línea de Producción de Gasa Quirúrgica”¹⁶, de la línea de producción de gasa quirúrgica en INDUSTRIAS ALBUS S.R.L., con el objetivo de construir un modelo computacional de la misma. El modelo construido fue utilizado para evaluar diferentes alternativas que permitan “optimizar” esta línea de producción, tomando en cuenta las restricciones de la empresa. El objetivo del presente trabajo es el de construir un modelo computacional representativo de la línea de producción de gasa quirúrgica, analizar su comportamiento en el tiempo, identificar alternativas que ayuden a incrementar la “productividad” de la línea, y seleccionar la o las alternativas más apropiadas para la empresa. La implementación del modelo propuesto, resultaría en un incremento de la producción de un 25% mensual.

¹⁵Sandanayake YG. & Oduoza, C.F. “Una modelación y simulación sistemática enfocada al desempeño del JIT” Universidad de Wolverhampton en Shifnal Road-2008

¹⁶Carlos Peñaranda Huerta y Daniel Aníbarro Zelaya “Optimización de una Línea de Producción de Gasa Quirúrgica” Universidad del Valle en Perú-2007

En la investigación de Duran C. Javier y Favio S. Patzi, de la Universidad del Valle en Perú en el 2007 “Optimización del Funcionamiento de una Panadería Mediante un Modelo de Simulación - Caso de Estudio: Panadería de Villa San Antonio”¹⁷, desarrollaron un modelo de simulación para la planificación de la producción, optimizando el rendimiento económico. El proyecto fue desarrollado estudiando el caso de la panadería de la zona de Villa San Antonio ubicada en la zona este de la ciudad de La Paz, esta panadería vende pan corriente. El modelo desarrollado en este trabajo resuelve a través de la simulación el problema típico de estimación de la cantidad óptima a producir de un producto cuyos precios de elaboración, venta y descarte son conocidos. Este modelo plantea una ecuación de ganancia en base a la demanda y el precio, lógicamente el resultado de esta ecuación se ve afectado por el valor probabilístico que adquiere la demanda. El estudio de simulación realizado en la panadería mencionada, demuestra que para tener una máxima ganancia y por lo tanto una mayor utilidad se debe producir alrededor de 1800 panes al día para no tener un excedente de producción y al mismo tiempo satisfacer toda la demanda.

¹⁷Duran C. Javier y Favio S. Patzi, “Optimización del Funcionamiento de una Panadería Mediante un Modelo de Simulación - Caso de Estudio: Panadería de Villa San Antonio” Universidad del Valle en Perú-2007

6. DESARROLLO

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se desarrollo una serie de pasos en los cuales se analizaron las condiciones actuales del departamento de producción, para caracterizar cada área del proceso de producción encontrando una problemática, y así diseñar una herramienta computacional que al implementarla en el departamento de producción, atacará el problema, demostrando una mejora.

6.1. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES ACTUALES QUE IMPACTAN LA GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA REFERENTE A LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Actualmente la bodega de producto terminado y el muelle de carga de camiones presentan las siguientes condiciones:

Figura 5. Bodega de producto terminado



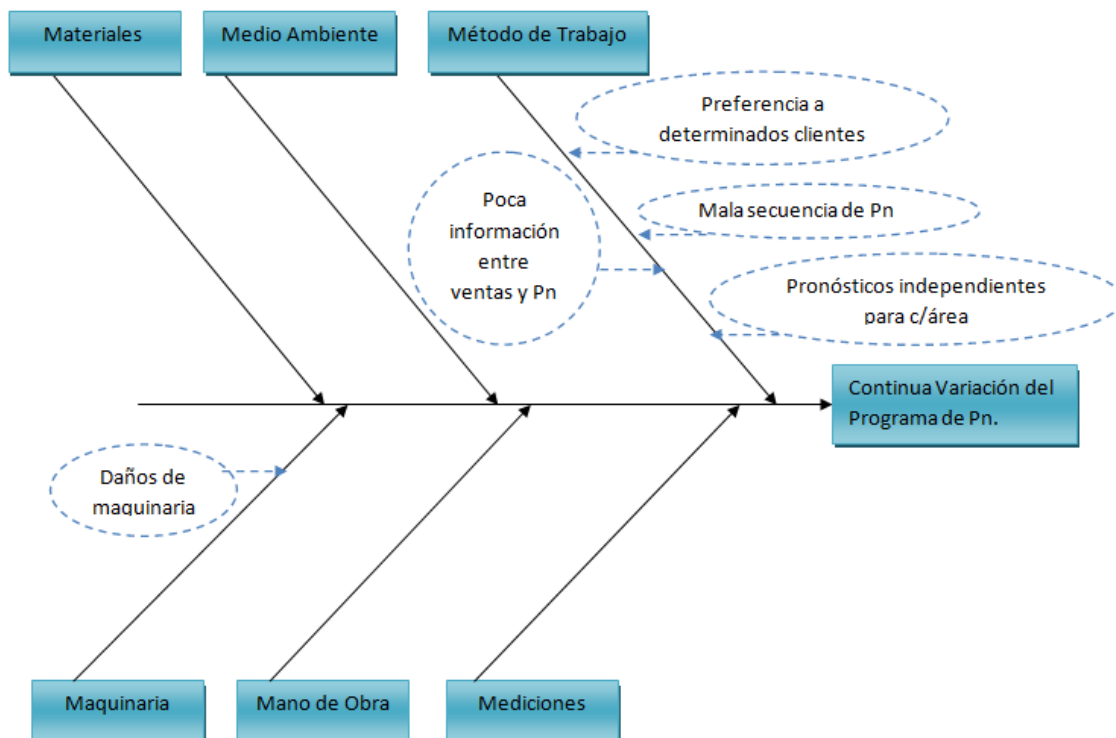
En esta bodega se organizan los productos en estibas en donde se ubican 40 tendidos de 5 bultos cada uno, y se organizan de acuerdo a la fecha de vencimiento. Por tal motivo, a la hora de retirar “x” bultos de una estiba que tenga 40 tendidos, se deberá esperar a que dicha estiba se le retiren todos los bultos para poder volver apilar encima de ella, obligando a colocar los bultos que van entrando a la bodega en espacios que no les corresponden, ocasionado un desorden debido a que no existe una previa asignación para la ubicación del producto terminado por referencia, lo que crea un cuello de botella que limita el proceso de producción ya que no hay donde almacenar el producto.

En los muelles de carga se genera un estancamiento de camiones debido a que los pedidos de algunos clientes no se encuentran listos por el continuo cambio que presenta el programa de producción, generado por la preferencia que se tiene hacia determinados clientes; es decir, si en la mañana se ha producido normalmente de acuerdo con el programa de producción, y de repente llega un cliente preferencial generando un pedido para ese mismo día, el procedimiento a

seguir será parar la producción que se tiene hasta ese momento para darle prioridad a este cliente; este cambio ocasionara una pérdida de tiempo debido que se deberá preparar otra vez la máquina, ya que se deberá realizar un cambio de producto (mezcla de ingredientes diferente), y por consiguiente generará un incumplimiento o un retraso a otros clientes ya que no se les podrá entregar el pedido en el horario establecido, generando una disminución en el nivel de servicio y por ende un estancamiento de camiones en los muelles de carga

Para poder comprender mejor y tener una mejor visión de la situación se representó en un diagrama de causa-efecto, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama Ishikawa.

Figura 6. Diagrama Ishikawa (Cambio continuo en programa de producción)



Esto, con el fin de identificar las actividades que inciden en el constante cambio del programa de producción el cual ocasiona que la bodega se encuentre ocupada en un gran porcentaje por productos que los clientes no necesitan en el momento y un estancamiento de los camiones en los muelles de carga. Así como lograr el ofrecer un mejor servicio a sus clientes; cumpliendo sus requerimientos en el producto, y poder consolidarse como una mejor empresa y adoptar nuevos clientes. En la actualidad para obtener una posición competitiva las empresas

necesitan orientarse hacia un cambio organizacional. Este debe estar dirigido hacia la mejora continua en todos los niveles de la empresa, mejorando así sus estándares de productividad.

Algunas de las observaciones más relevantes establecidas con el diagrama de Ishikawa, el cual se realizó con los operadores para observar los problemas de las áreas estudiadas fueron las siguientes:

- 1) Preferencia de clientes.
- 2) Mala secuencia de Producción
- 3) Daños de maquinaria
- 4) Pronósticos independientes para cada área.
- 5) Disminución de la tasa de producción.
- 6) Poco flujo de información entre los departamentos de ventas y producción.

Con base a las causas mencionadas, se elaboró un tablero en la oficina de supervisores donde enunciaba las causas, y cada vez que se presentaba un cambio de programa el supervisor marcaba una de las causas; este estudio se realizó durante un mes. En el diagrama de Pareto se muestra la frecuencia con la que se repiten cada una de las causas (ver Figura 7).

Figura 7. Diagrama de Pareto variación del programa de producción

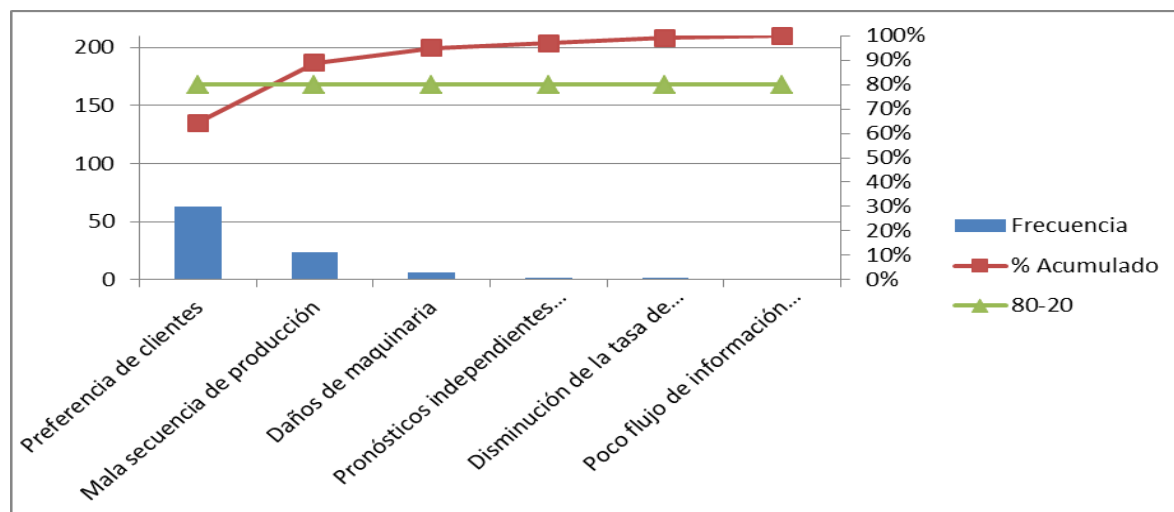


Tabla 3. Frecuencia y porcentaje de causas

Causas	Preferencia de clientes	Mala secuencia Producción	Daños de maquina	Pronósticos independientes para cada área.	Disminución tasa de Producción	Poco flujo de información entre ventas y producción
Frecuencia	63	24	6	2	2	1
% Acumulado	64%	89%	95%	97%	99%	100%
% Real	64%	24%	6%	2%	2%	1%

Ahora que se tienen las frecuencias de las causas, se puede determinar los problemas más relevantes, tomando en cuenta los que tienen mayor frecuencia en la variación del programa de producción; debido a que los problemas relacionados con la falta de espacio en bodega y el estancamiento de camiones en el muelle de carga, se deben al continuo cambio del programa de producción; por tal motivo se deberán combatir las siguientes causas: preferencia que se tiene a determinados clientes (64%), mala secuencia de producción (25%) y daños en la maquinaria (6%).

De acuerdo, al resultado arrojado por el diagrama de Pareto la causa más representativa de los cambios de programa es la preferencia hacia determinados clientes; la idea es atacar primero la segunda causa más representativa, logrando establecer una mejor secuencia de programación, con el objetivo de disminuir los tiempos perdidos referentes a esta causa; después de haber atacado la mala secuencia de programación, se pueden establecer mejores tiempos de respuesta para los clientes preferenciales con el fin de lograr acuerdos que no afecten el programa de producción que se ha definido en el día. En conclusión, no se puede atacar la primera causa si no se está en la capacidad de asegurar mejores tiempos de entrega de los pedidos para nuestros clientes preferenciales.

Para poder cumplir con los objetivos planteados, se deberán solucionar el problema referente a la mala secuencia de producción, realizando un estudio previo de las herramientas que mejor se adecuan para la solución de la problemática.

Después de haber definido la problemática por medio del diagrama de Ishikawa y de la gráfica de Pareto, lo siguiente será determinar la metodología por la cual resolveremos estos problemas.

Al haber analizado el problema y localizar la causa raíz de la generación del problema, se *siguió* con la recolección de los datos de los rendimientos y capacidades de cada una de las máquinas y tolvas que están involucradas en el proceso productivo.

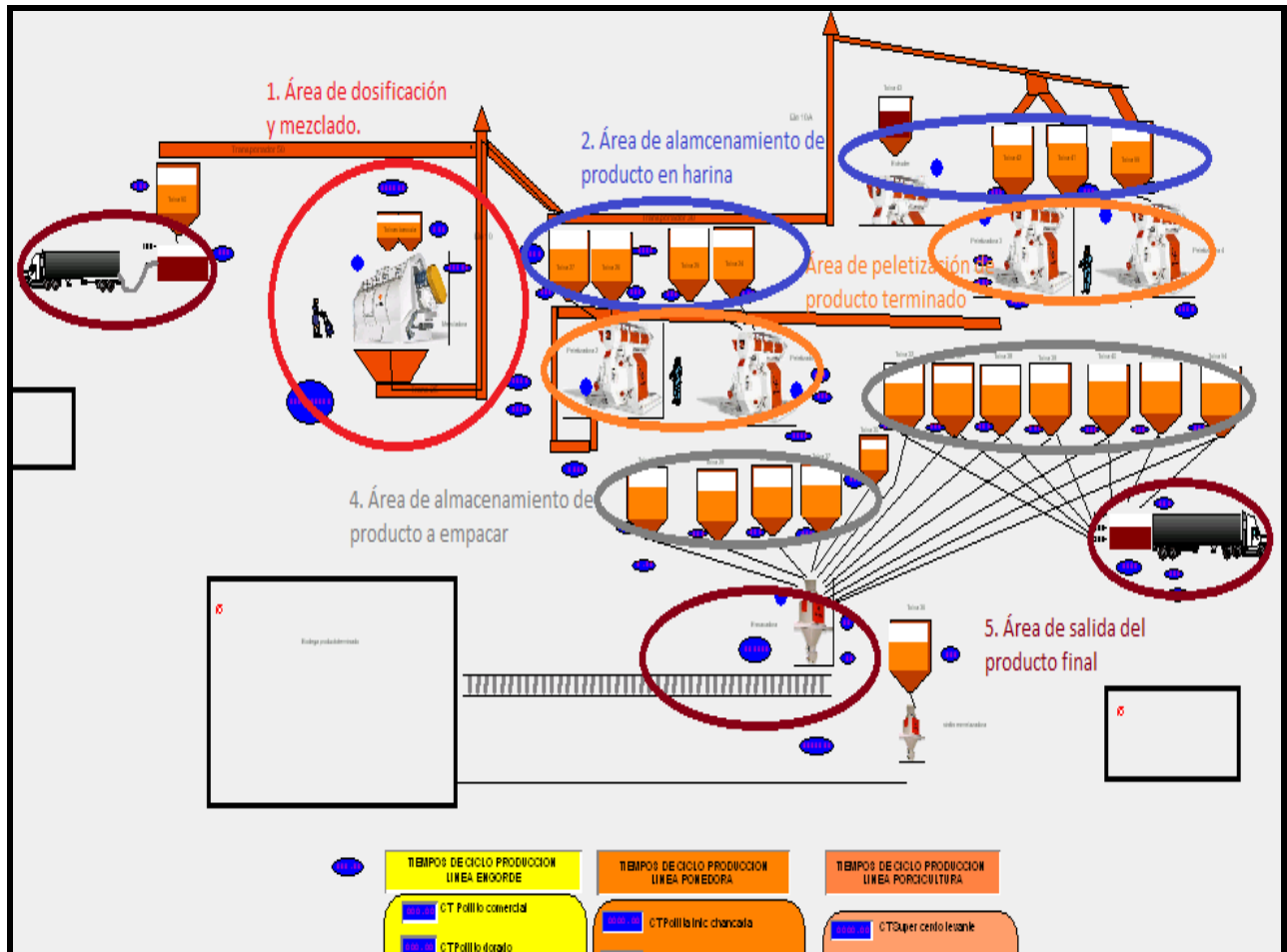
6.2. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO:

Se realizó una caracterización de las operaciones del proceso de producción, delimitando cinco áreas principales.

Tabla 4. Diagrama de flujo de proceso productivo

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
OBJETO DEL DIAGRAMA <u>Elaboración de producto peletizado</u> DIAGRAMA NO <u>01</u>	
EL DIAGRAMA EMPIEZA EN <u>Almacén materia prima silos</u> ELABORADO POR <u>Tesistas</u>	
EL DIAGRAMA TERMINA EN <u>Camión de producto terminado</u>	
SIMBOLOS	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
	ALMACÉN DE MATERIA PRIMA SILOS: se almacena la materia prima en silos con capacidad hasta que se recibe orden de producción.
	ORDEN DE PRODUCCIÓN: al recibir la orden un operario se encarga de abrir las compuertas para liberar el contenido de M.P en silos.
	TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA: el contenido de los silos viaja a través de un juego de transportadores y elevadores hacia las tolvas de almacenamiento.
	ALMACÉN DE MATERIA PRIMA TOLVAS DE GRANO: se almacena la materia prima en tolvas de grano hasta que sea su turno de molinar.
	TRANSPORTE A MOLINAR: el contenido de las tolvas se dirige a los molinos hasta que se consuma toda la almacenada en las tolvas.
	MOLINADO DE MATERIA PRIMA: toda la materia prima en granos se molina para que se mezcle mejor con todos los ingredientes del producto final.
	TRANSPORTE DE MOLINADO: toda la materia prima molinada se dirige a tolvas, por medio de un juego de transportadores y elevadores.
	ALMACÉN DE MATERIA PRIMA TOLVAS DE HARINA: se almacena la materia prima en tolvas de grano hasta que sea su turno de mezclar.
	ESPERAR ORDEN DEL OPERARIO: el operario de la mezcladora debe de crear la fórmula para descargar la cantidad exacta de materia prima en tolvas de harina.
	ORDEN DE MEZCLADO: el operario de la mezcladora crea la fórmula del producto y procede a abrir los compartimientos de las tolvas de harina.
	TRANSPORTE DE INGREDIENTES: las diferentes cantidades de materia prima se dirigen hacia la mezcladora.
	MEZCLADO DE PRODUCTO : se mezcla los ingredientes por 3 minutos , para crear una mezcla homogénea.
	TRANSPORTE DE PRODUCTO PREPELETIZADO: se transporta el producto hacia las tolvas de prepeletizado.
	PELETIZADO DE PRODUCTO : se peletizan los ingredientes , creando una presentación que facilite la ingestión del animal .
	TRANSPORTE DE PRODUCTO PELETIZADO: se transporta el producto hacia las tolvas de ensaque.
	ENSAQUE DE PRODUCTO : se empacan los productos en sacos de 40 kilogramos.
	TRANSPORTE DE PRODUCTO ENSACADO: se transporta el producto hacia la bodega de producto terminado.
	ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO: se almacena el producto terminado en una bodega hasta que se cargue en el camión de entrega.

Figura 8. Layout Esquema del simulador

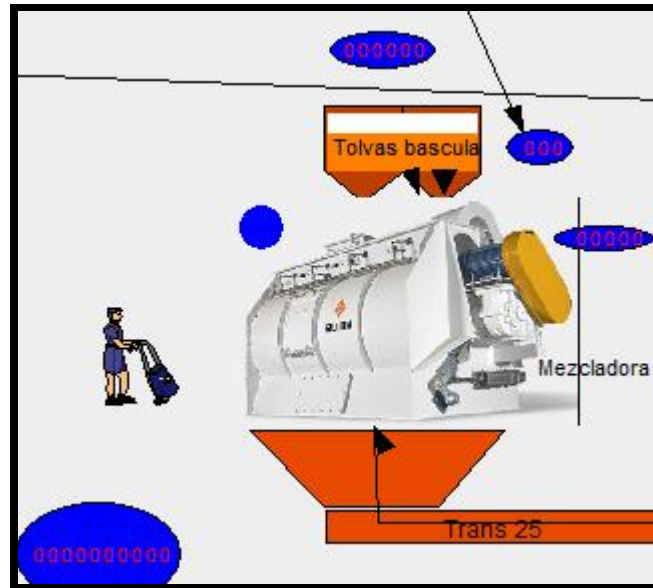


Se tomó como referencia la distribución de la maquinaria en la empresa, y la secuencia de fabricación del producto final para graficar este esquema, el cual está distribuido en 5 grandes áreas:

6.2.1 Área de dosificación y mezclado:

En esta área se realiza el proceso de dosificación del producto, los ingredientes caen a una tolva báscula, donde son pesadas de acuerdo al lote, por lo general de 3 toneladas, después son enviadas a la mezcladora, donde se procesan por 3 minutos para obtener una mezcla homogénea y ser enviados a peletizar.

Figura 9. Área de dosificación y mezclado

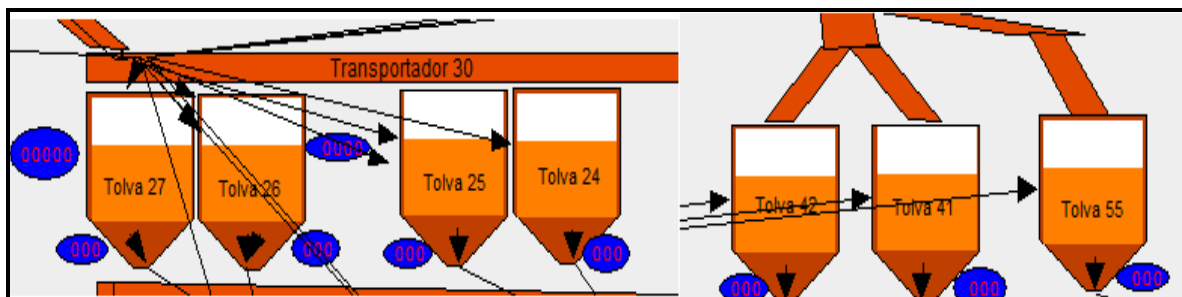


6.2.2 Área de almacenamiento de producto en harina.

En esta área se realiza el proceso de almacenamiento de producto en harina o prepeletizado el cual llega de la mezcladora por medio del transportador 30 y se distribuye en cada una de las tolvas dependiendo del producto que este almacenado.

Cada una de las presentaciones de los productos se almacena en tolvas, donde esperan a que una peletizadora se encuentre libre de producto en proceso, y así continuar al siguiente proceso.

Figura 10. Área de almacenamiento de producto en harina

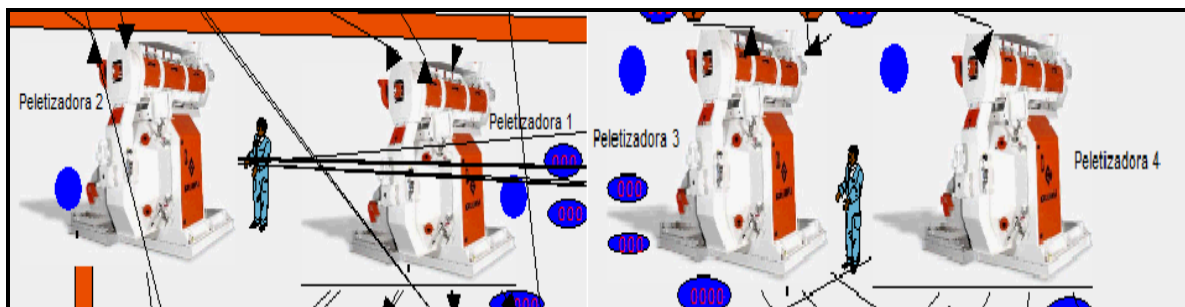


6.2.3 Área de peletización del producto en harina.

En esta área se realiza el proceso de peletización del producto, los cuales vienen de las tolvas de almacenamiento de producto harina.

Cada uno de los productos tiene un tiempo de peletización, de acuerdo a los ingredientes que contenga, este rendimiento es tomado en toneladas por hora producidas.

Figura 11. Área de peletización del producto en harina

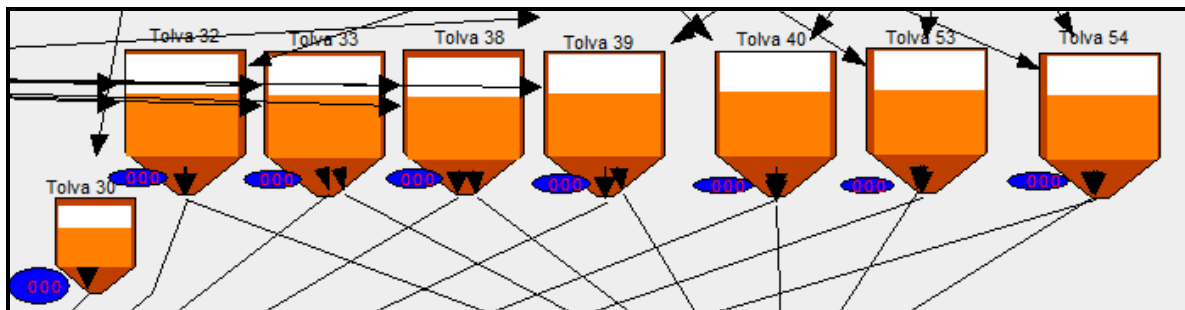


6.2.4 Área de almacenamiento de producto a empacar.

En esta área se realiza el proceso de almacenamiento de producto en pellets o peletizado el cual llega a la ensacadora por medio de transportadores y se ensaca hacia una banda transportadora.

Cada una de las presentaciones de los productos se almacena en tolvas, donde esperan a que la ensacadora este libre, y continuar al siguiente proceso.

Figura 12. Área de almacenamiento de producto a empacar

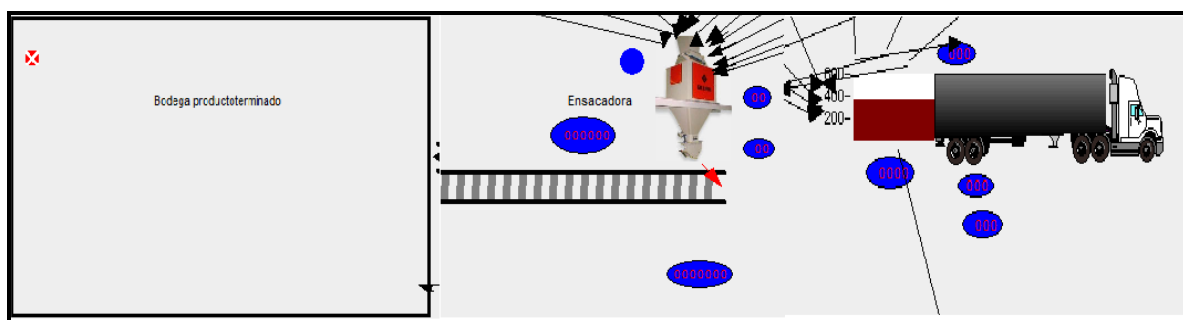


6.2.5 Área de salida del producto final.

En esta área se realiza el proceso evacuación del producto final ya sea a la bodega de producto terminado o al camión granelero, dependiendo de la ruta del producto. Cada presentación del producto final sale hacia la bodega o hacia un camión granelero.

El departamento de despacho es el que se encarga de controlar la salida del producto. Ya que el interés del proyecto se basa en el departamento de producción, no es necesario conocer las operaciones que se llevan a cabo en el departamento de despachos.

Figura 13. Área de salida del producto final



Para lograr obtener la mejor secuencia que se debía seguir para la disminución de bloqueos del sistema, se realizaron tomas de tiempos con el método GE (General electric) para determinar los tiempos de proceso de cada tipo de producto en cada una de las áreas, como se puede ver en las tablas 4 y 5 para el peletizado y ensacado.

TIEMPO DE CICLO (min.)		OBSERVACIONES A REALIZAR (N)	
	0.10		200
Tamaño de ciclo	0.25	100	← Tamaño de muestra
promedio de los	.0.50		60
procesos	0.75		40
	1.00		30
	2.00 – 4.00		20
	4.00 – 5.00		15
	5.00 – 10.00		10
	10.00 – 20.00		8
	20.00 – 40.00		5
	MAS DE 40.00		3

Fuente: Niebel (1998) Ingeniería de Métodos.

Al analizar los datos con el programa **STAT FIT** se pudo determinar la distribución que presentaban los datos; como resultado entrego que los datos corresponde a una distribución normal, es congruente este resultado ya que los datos se tomaron de un proceso de producción continua y este tiende a comportarse de forma normal.

Tabla 5. Rendimiento Peletizadora

RENDIMIENTOS (ton/hr)								
Producto	Pelet1		Pelet2		Pelet3		Pelet4	
	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV
Pollito comercial	6,4	2,0	6,2	1,8	6,0	1,6	5,7	1,9
Pollito dorado	9,2	1,2	9,0	1,1	8,6	1,1	9,1	1,1
Pollo_engorde_comercial	8,4	1,4	8,2	1,4	8,2	1,4	7,7	1,4
Pollo_campesinoo	7,3	1,9	7,0	1,4	7,2	1,4	7,2	1,4
Pollita_iniciacion	6,5	1,7	6,4	1,4	6,3	1,4	6,2	1,4
Polla_levante	7,3	1,7	7,2	1,1	7,0	1,1	7,1	1,1
Huevo_prepico	6,4	1,4	6,2	1,3	6,0	1,3	6,0	1,3
Ponedora_campesina	4,1	1,8	3,8	1,8	3,7	1,8	3,5	1,8
Codorniz_crombo	5,2	1,5	4,9	1,9	4,7	1,9	5,1	1,9
Machos_AXA	4,3	1,3	4,2	1,2	4,2	1,2	4,0	1,2
Cerdito_iniciador	6,1	1,5	6,0	1,7	5,7	1,7	5,9	1,7
Cerdo_lvte	6,8	2,0	6,8	2,1	6,8	2,1	6,8	2,1
Cerdo_engorde	5,9	1,6	5,8	1,5	5,6	1,5	5,8	1,5
Ital_leche_PELET	4,1	2,1	3,7	2,0	3,9	2,0	3,8	2,0
Equinos	4,3	1,1	4,1	1,7	4,3	1,7	4,1	1,7

Tabla 6. Rendimiento ensacadora

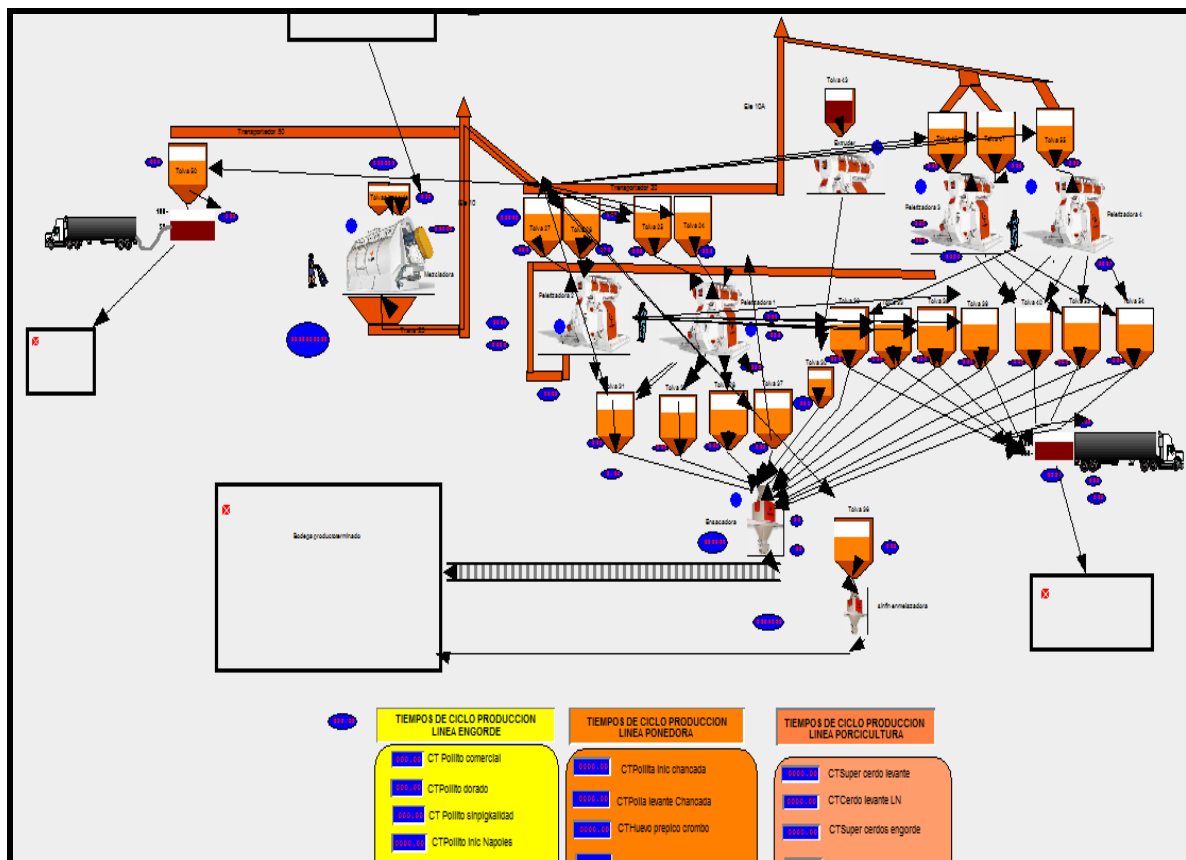
RENDIMIENTOS DE ENSACADORA (TON/HR)		
Producto	MEDIA	DESVIACION
Pollito comercial	33,6	3,8
Pollito dorado	36,0	2,9
Pollo_engorde_comercial	28,8	2,6
Pollo_campesinoo	26,4	2,9
Pollita_iniciacion	36,0	2,9
Polla_levante	28,8	3,8
Huevo_prepico	26,4	3,6
Ponedora_campesina	21,6	2,4
Codorniz_crombo	26,4	2,6
Machos_AXA	26,4	3,0
Cerdito_iniciador	24,0	4,0
Cerdo_lvte	28,8	2,8
Porcimix	19,2	3,2
Cerdo_engorde	24,0	4,0
Cerda_Cria_harina	19,2	4,1
Cerda_lactancia	21,6	3,9
Cerdo_ceba	19,2	3,5
Ital_leche_Harina	4,8	3,8
Ital_leche_PELET	4,8	4,0
Terneros	4,8	4,0
Equinos	4,8	2,4

*Esta recolección de datos se hizo con la finalidad de determinar cómo sería la mejor secuencia de la programación de los productos al momento de su fabricación con el objetivo de eliminar las paradas del proceso que se tenían en un principio, ya que esto se veía reflejado en decrementos del servicio al cliente. Para encontrar cual sería la secuencia más viable de producción se utilizó el **Software Promodel**. El cual nos ayuda a simular el proceso productivo y posteriormente a encontrar una mejor secuencia de producción a la que se tiene en la actualidad.*

6.3. DISEÑO DE UN MODELO COMPUTACIONAL PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Para el cumplimiento del tercer objetivo se hará una descripción de la estructura gráfica y la programación del simulador elaborado, utilizando el software **Promodel**. En el layout del software se grafico la distribución de la empresa, con el fin de ilustrar la secuencia de producción de **ITALCOL DE OCCIDENTE LTDA.**

Figura 14. Layout – Esquema del simulador



6.3.1 Locations

Las locations utilizadas en el simulador, son gráficos de las maquinas reales, involucradas en el proceso productivo de la empresa *italcol*:

Tabla 7. Clasificación y descripciones de las locations

LOCATIONS	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO Y/O CAPACIDAD	CANTIDAD
	MEZCLADORA: Es la máquina en la cual se dosifican y mezclan las materias primas y se crea el producto en estado harina o prepeletizado.	33 toneladas por hora.	1
	PELETIZADORA: Es una máquina que tiene como trabajo o actividad transforma y/o convertir la materia prima en pellet, que son piezas más pequeñas más o menos esféricas.	3 a 9 toneladas por hora dependiendo del producto	4
	Ensacadora: Es la máquina en la cual se empaca el producto en sacos hasta que alcance el peso de 40 kilogramos.	20 a 24 toneladas por hora dependiendo del producto	1

LOCATIONS	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO Y/O CAPACIDAD	CANTIDAD
	Tolva: Caja en forma de pirámide o cono invertido, dentro de la cual se almacena el producto en proceso o terminado.	15 a 50 toneladas de almacenamiento dependiendo de la tolva y la densidad del producto.	22
	Extruder: Es una maquina extrusora de maíz y soya, la cual se encarga de homogenizar la textura del grano.	2 a 3 toneladas hora	1
	GRANELERO: Tolvas con chasis para ser remolcadas y transportadas a las diferentes granjas.	9 a 24 toneladas.	Cientes
	MASCOTAS: Tolvas con chasis para ser remolcadas y transportadas a la planta de mascotas italcol	5 toneladas	1
	BANDAS TRANSPORTADORA: Cinta la cual permite transportar producto en proceso de una locations a otra	3 toneladas	3

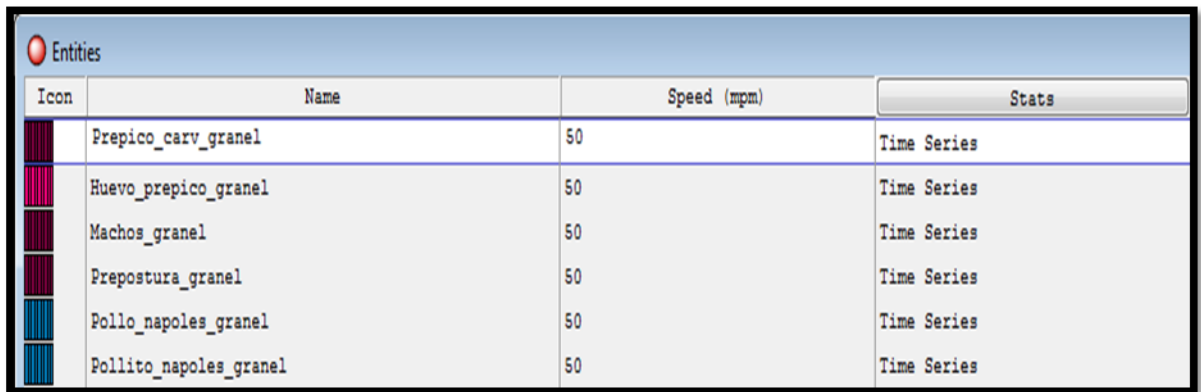
6.3.2 Entities

Cada una de las entidades utilizadas en el simulador, simulan un bulto de 40 kilogramos, ya que esta es la unidad más pequeña de presentación del producto.

En total son 102 entidades que representan a cada uno de los productos finales de la empresa itacol.

- Línea engorde: 17 productos.
- Línea ponedora: 22 productos.
- Línea porcicultura: 33 productos.
- Línea ital leche: 19 productos.
- Línea equinos: 6 productos.
- Línea mascotas: 5 productos.

Figura 15. Entities Líneas



Icon	Name	Speed (mpm)	Stats
	Prepico_carv_granel	50	Time Series
	Huevo_prepico_granel	50	Time Series
	Machos_granel	50	Time Series
	Prepostura_granel	50	Time Series
	Pollo_napoles_granel	50	Time Series
	Pollito_napoles_granel	50	Time Series

6.3.3 Path networks

Los paths networks utilizados en el simulador se crearon para dar ruta a las entidades de una locations a otra, simulando el comportamiento de los transportadores y elevadores que desplazan el producto en la empresa **Italcol**. En total son 8 Path Network cada uno con 4 a 6 paths.

Figura 16. Paths de redes peletizadoras

Path Networks	
Graphic...	Name
	red_pelet1
	red_pelet2
	red_pelet3
	red_pelet4
	RED_TRANSLERO

Paths [1]			
From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	8.39
N1	N3	Bi	9.00
N1	N4	Bi	15
N1	N5	Bi	18.95

Path network es red_pelet1:

4 paths y 5 interfaces: son las conexiones de la peletizadora 1 con las tolvas 28, 29, 31 y 37.

Figura 17. Path network red_pelet1

Path Networks							
Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	red_pelet1	Non-Passing	Speed & Distance	4	5	0	5

Paths [1]			
From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	8.39
N1	N3	Bi	9.00
N1	N4	Bi	15
N1	N5	Bi	18.95

Interfaces [1]	
Node	Location
N1	Peletizadora_1
N2	Tolva_28
N3	Tolva_29
N4	Tolva_31
N5	Tolva_37

Path network red_pelet2:

5 Paths y 6 interfaces: son las conexiones de la peletizadora 2 con las tolvas 32, 33, 38, 39.

Figura 18. Path network red_pelet2

The screenshot shows the 'Path Networks' window for 'red_pelet2'. The main table has columns: Graphic..., Name, Type, T/S, Paths..., Interfaces..., Mapping..., and Nodes. Below it, there are two sub-tables: 'Paths' and 'Interfaces'.

Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	red_pelet2	Non-Passing	Speed & Distance 5	6	0		6

From	To	BI	Distance
N1	N3	Bi	100
N1	N2	Bi	100
N1	N4	Bi	100
N1	N5	Bi	100
N1	N6	Bi	100

Node	Location
N1	Peletizadora_2
N2	Tolva_32
N3	Tolva_33
N4	Tolva_38
N5	Tolva_39

Path network red_pelet3:

3 Paths y 4 interfaces: son las conexiones de la peletizadora 3 con las tolvas 40, 53 y 54.

Figura 19. Path network red_pelet3

The screenshot shows the 'Path Networks' window for 'red_pelet3'. The main table has columns: Graphic..., Name, Type, T/S, Paths..., Interfaces..., Mapping..., and Nodes. Below it, there are two sub-tables: 'Interfaces' and 'Paths'.

Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	red_pelet3	Non-Passing	Speed & Distance 3	4	0		4

Node	Location
N2	Tolva_40
N3	Tolva_53
N4	Tolva_54
N1	Peletizadora_3

From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	14.19
N1	N3	Bi	25.68
N1	N4	Bi	41.29

Path network red_pelet 4:

3 Paths y 4 interfaces: son las conexiones de la peletizadora 4, con las tolvas 40, 53 y 54.

Figura 5. Path network red_pelet4

The screenshot shows the 'Path Networks' window with the following data:

Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	red_pelet4	Non-Passing	Speed & Distance	4	5	0	5

Paths			
From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	7.50
N1	N3	Bi	8.88
N1	N4	Bi	10
N1	N5	Bi	56.26

Interfaces	
Node	Location
N2	Tolva_40
N3	Tolva_53
N4	Tolva_54
N1	Peletizadora_4

Path network RED_GRANELERO

1 Paths y 2 interfaces: son las conexiones de las locations Graneleros y salida granelero.

Figura 216. Path Network red granelero

The screenshot shows the 'Path Networks' window with the following data:

Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	RED_GRANELERO	Passing	Speed & Distance	1	2	0	2

Paths			
From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	2000

Interfaces	
Node	Location
N2	SALIDA_GRANELERO
N1	Graneleros

Path network RED_TRANS_30:

10 Paths y 11 interfaces: son las conexiones de las locations mezcladora y las Tolvas 25, 26, 27, 41, 42, 55 y 31

Figura 7: Path network red_trans_30

Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	RED_TRANS_30	Non-Passing	Speed & Distance	10	11	0	11

Node	Location
N1	COLA_PREPELETIZADO12
N2	Tolva_27
N3	Tolva_26
N4	Tolva_25
N5	Tolva_24
N6	Tolva_37
N7	Tolva_42
N9	Tolva_41
N8	Tolva_55
N10	Tolva_31
N11	Tolva_36

From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	3.03
N1	N3	Bi	12.43
N1	N4	Bi	32.29
N1	N5	Bi	42.72
N1	N6	Bi	58.28
N1	N7	Bi	100
N1	N8	Bi	100
N1	N9	Bi	100
N1	N10	Bi	72.17
N1	N11	Bi	70

Path network via_mascotas:

1 Paths y 2 interfaces: son las conexiones de las locations Mascotas y MASCOTEIN.

Figura 238. Path network via_mascotas

Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	Via_mascotas	Passing	Speed & Distance	1	2	0	2

From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	40.64

Node	Location
N1	mascotas
N2	MASCOTEIN

Path network RED_MASCOTAS:

1 Paths y 2 interfaces: son las conexiones de las locations COLA_PREPELETIZADO12 y TOLVA 50.

Figura 24: Path Network red_mascotas

Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	RED_MASCOTAS	Passing	Speed & Distance	1	2	0	2

Paths				Interfaces	
From	To	BI	Distance	Node	Location
N1	N2	Bi	74.71	N1	COLA_PREPELETIZADO12
				N2	Tolva_50

6.3.4 Resources

Los recursos, se utilizan en el simulador para mover las entidades a través de los paths networks. La mayoría de los Resources tienen 75 Units, ya que se encuentran en los path network de las peletizadoras, los cuales simulan los transportadores y elevadores de la empresa, que mueven un batch de producto a la vez, este batch equivale a 3 toneladas o 75 bultos de 40 kilogramos cada uno.

Figura 9. Resources

Icon	Name	Units	DTs...	Stats	Specs...	Search...	Logic...	Pts...	Notes...
	POS_1PELET	75	None	By Unit	red_pelet1	None	0	1	
	POS_2PELET	75	None	By Unit	red_pelet2	None	0	1	
	recurso_31d	75	None	By Unit	No Network	None	0	0	
	POS_3PELET	75	None	By Unit	red_pelet3	None	0	1	
	POS_4PELET	75	None	By Unit	red_pelet4	None	0	1	
	GRANELERO	1	None	By Unit	RED_GRANEL	None	0	1	
	PRE_PELET	75	None	By Unit	RED_TRANS	None	0	1	
	Rec_mascotas	75	None	By Unit	RED_MASCOT	None	0	1	
	Volqueta	1	None	By Unit	Via_mascot	None	0	1	

Estos Resources se utilizan como herramienta gráfica; al correr la simulación estos Recursos harán que las entities se vean como se transportan de una location a otra.

Los Resources **GRANELERO** Y **Volqueta**, simulan el movimiento de los camiones granelero que llevan el producto fuera de la empresa itacol o a la planta de Mascotas.

6.3.5 Arrivals

Los arrivals utilizados en el simulador, delimitan las llegadas de productos al simulador, es la parte, donde se determina la secuencia de producción a la cual se quiere medir los resultados de factibilidad y determinar si es la secuencia con la que se enviara la corrida de producción.

También se utilizan los arrivals para colocar un estado actual de la empresa, especificando la cantidad de producto hay en cada tolva y así acercar el simulador a la realidad y lograr resultados con mayor porcentaje de confiabilidad.

Todos las entities se encuentran en los arrivals, para mayor comodidad del programador solo se debe cambiar la location destino, la cantidad de entidades que requiera, y programar un orden de llegada con la columna **first time**, colocando 1, 2, 3 o 4 hasta el numero de turnos de llegada que se necesite programar, finalmente colocar en la columna **Disable** la opción **No** para habilitar el **arrivals** y que el programa lo ejecute al correr la simulación.

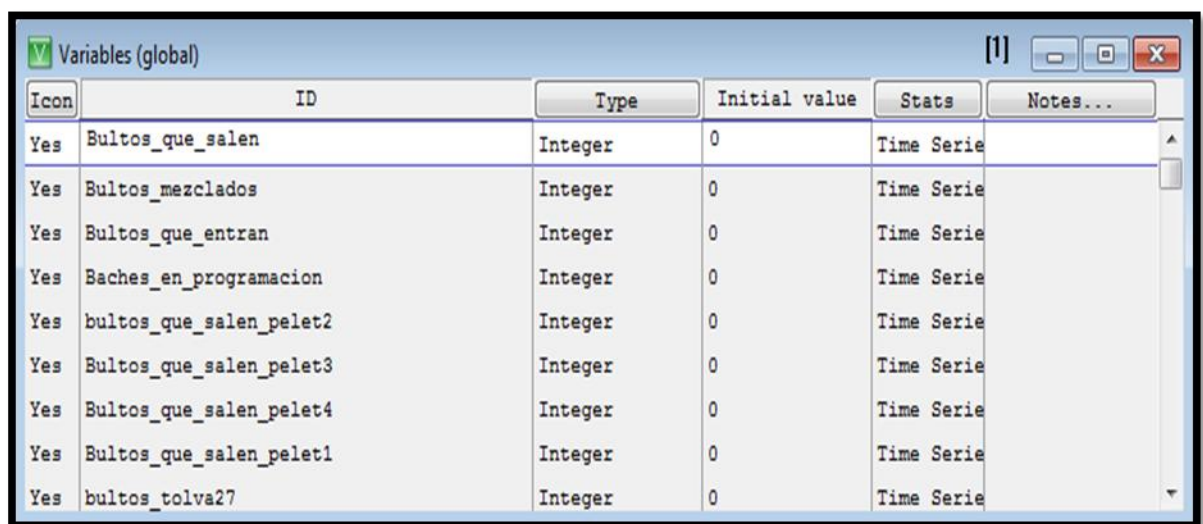
Figura 2610: Arrivals de productos

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	[isab]
Pollito_comerc	PROGRAMACION_	20	0	1	1		Yes
Pollito_dorado	PROGRAMACION_	20		1	1		Yes
Pollito_sinpig	PROGRAMACION_	20	0	1	1		Yes
pollito_inicNa	PROGRAMACION_	20	0	1			Yes
Pollito_precro	PROGRAMACION_	10	0	1	1		Yes
Pollito_preNap	PROGRAMACION_	20		1	1		Yes
Pollo_engorde	PROGRAMACION_	1		1	1		Yes
Pollo_engorde	PROGRAMACION_	20	0	1	1		Yes
Pollo_engorde	PROGRAMACION_	20	0	1	1		Yes
Pollo_engorde	PROGRAMACION_	20	0	1	1		Yes

6.3.6 Variables

Las variables se utilizan en el simulador para contabilizar datos, los cuales ayuden a determinar cambios en el processing, en el caso del simulador de italcol, las variables son los tiempos de ciclo, cantidad de producto en una locations determinada, o para obtener datos que se empleen para que el movimiento del simulador sea lo más cercano a la realidad.

Figura 2711. Variables de simulador ITALCOL



Icon	ID	Type	Initial value	Stats	Notes...
Yes	Bultos_que_salén	Integer	0	Time Serie	
Yes	Bultos_mezclados	Integer	0	Time Serie	
Yes	Bultos_que_entran	Integer	0	Time Serie	
Yes	Baches_en_programacion	Integer	0	Time Serie	
Yes	bultos_que_salén_pelet2	Integer	0	Time Serie	
Yes	Bultos_que_salén_pelet3	Integer	0	Time Serie	
Yes	Bultos_que_salén_pelet4	Integer	0	Time Serie	
Yes	Bultos_que_salén_pelet1	Integer	0	Time Serie	
Yes	bultos_tolva27	Integer	0	Time Serie	

En total son 197 variables. Las cuales guardan información en cada parte del proceso de cada uno de los productos. La mayoría de las variables solo cambia en el nombre de producto o el nombre de la máquina en la cual esta guardando información.

Variables tipo integer:

Bultos_ que_ salen: se utiliza en el processing para contabilizar los bultos que salen del sistema.

Bultos_ que_ entran: se utiliza en el processing para contabilizar los bultos que entran en el sistema.

Bultos_ mezclados: se utilizan en el processing para contabilizar los bultos que salen de la mezcladora.

Baches_ en_ programación: se utilizan en el processing para contabilizar los baches que están en la location **PROGRAMACION DE PRODUCCIÓN**.

Bultos_que_salén_pelet: se utilizan en el processing para contabilizar los bultos que salen de las peletizadoras.

Bultos_tolva: se utilizan en el processing para contabilizar los bultos que hay actualmente en la tolva.

Bultos_enmelazadora: se utilizan en el processing para contabilizar los bultos que salen de la enmelazadora.

Bultos_granelero: se utilizan en el processing para contabilizar los bultos que hay en la location Graneleros.

Est_pelet: Se utiliza en el processing para indicar que la peletizadora está siendo usada, Por ende una tolva esta descargando su contenido en la peletizadora que corresponde.

Ser_pelet: se utilizan en el processing para indicar que tolva está descargan hacia la peletizadora.

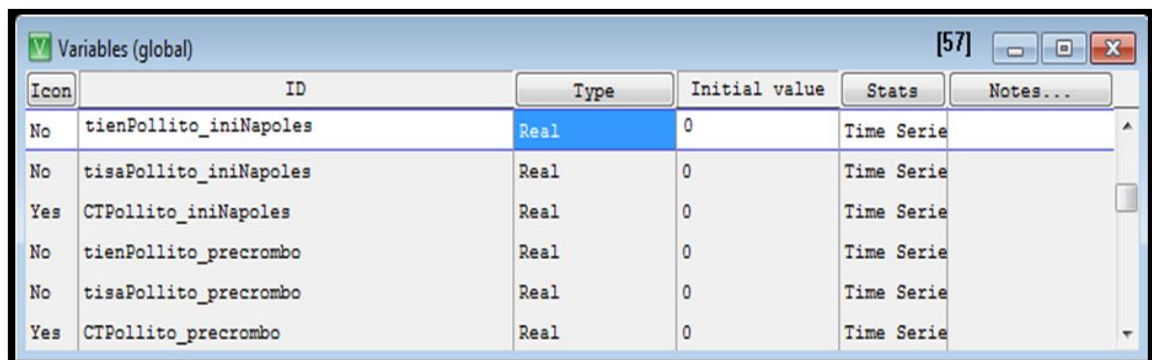
Variables tipo real:

tien_”producto”: se utilizan en el processing para guardar la información del tiempo de llegada de los productos de las líneas engorde, ponedora y porcicultura, cada producto tiene su función **tien_”producto”** solo se remplace la palabra producto por el nombre real

tisa_”producto”: se utilizan en el processing para guardar la información del tiempo de salida de los productos de las líneas engorde, ponedora y porcicultura, cada producto tiene su función **tisa_”producto”** solo se remplace la palabra producto por el nombre real.

CT_”producto”: se utilizan en el processing para guardar la información del tiempo de ciclo de los productos de las líneas engorde, ponedora y porcicultura, cada producto tiene su función **CT_”producto”** solo se reemplaza la palabra producto por el nombre real.

Figura 2812. Variables de tipo real simulador ITALCOL



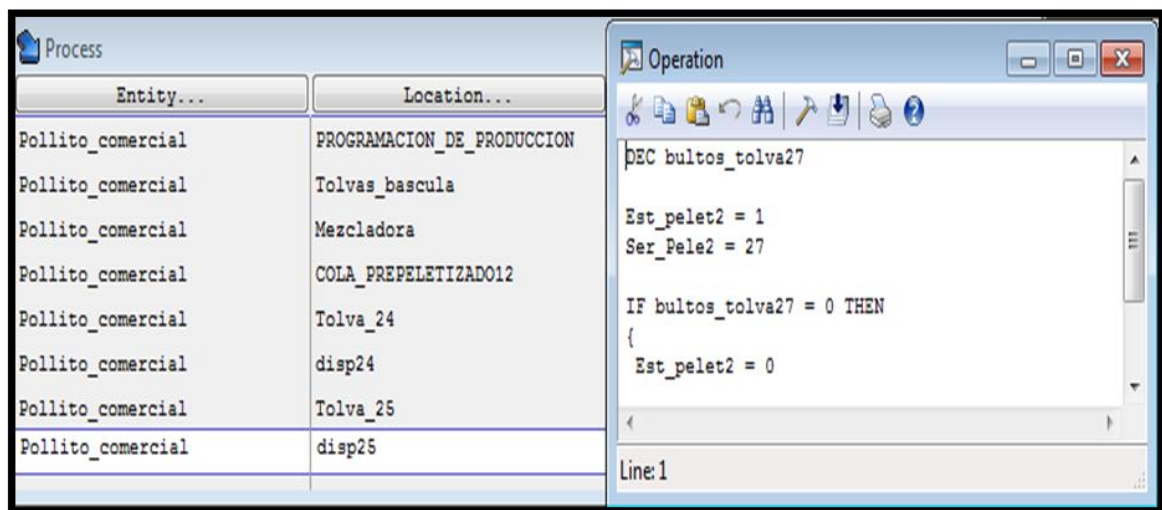
Icon	ID	Type	Initial value	Stats	Notes...
No	tienPollito_iniNapoles	Real	0	Time Serie	
No	tisaPollito_iniNapoles	Real	0	Time Serie	
Yes	CTPollito_iniNapoles	Real	0	Time Serie	
No	tienPollito_precrombo	Real	0	Time Serie	
No	tisaPollito_precrombo	Real	0	Time Serie	
Yes	CTPollito_precrombo	Real	0	Time Serie	

6.3.7 Processing

El processing es la parte del simulador donde se encuentra la programación, como las entities deben moverse de locations a locations y cuanto esperar o acumular en alguna de ellas.

Se utilizó estrategias de programación acordes al lenguaje de Promodel, en las cuales se crearon locations “ficticias”, en las cuales se programaron varias líneas que tiene como fin acercar el modelo a la realidad.

Figura 29. Processing simulador ITALCOL



6.3.8 Calibración del modelo de simulación

Dado que el modelo es una abstracción del sistema real debemos preguntarnos si existe una correspondencia entre el sistema real y el modelo. Los términos más usados para describir el proceso mediante el cual el modelo es una representación creíble del sistema real son verificación y validación del modelo, esto se logra con la calibración del modelo.

Para calibrar el modelo de simulación se comparan los resultados obtenidos con el simulador versus los datos reales de la empresa, y se evalúan los factores que determinan, que el modelo se acerque a la realidad.

Los primeros escenarios se plantearon con las programaciones de producción que creaba el supervisor.

Tabla 8. Escenario de Programa de producción.

ORDEN	PROGRAMA DE PRODUCCIÓN	TONELADAS
1	POLLITO INICIACION A GRANEL -KALIDAD-	42
2	POLLITO INICIACION CON PIGMENTO KALIDAD	34
3	POLLITO-PRE CROMBO	40
4	POLLITO PREINICIADOR A GRANEL NAPOLES	21
6	SUPER POLLO ENGORDE GRANEL -KALIDAD-	20
7	POLLO ENGORDE SIN PIG GRANEL KALIDAD	26
8	SUPER POLLITO INIC. CROMBO (DISTRIBUIDOR	50
9	POLLITA INIC. CIAL KALIDAD	37
10	SUPER HUEVO PREPICO HARINA	17
11	SUPER HUEVO PREPICO CROMBO	3
12	PREPICO MEZCLA AV.CARVAJALES GRANEL	15
13	PREPICO MEZCLA AV.CARVAJALES	26
14	PONEDORA CAMPESINA (DISTRIBUIDORA)	11
15	MACHOS AXA KALIDAD	22
20	PREPOSTURA AXA KALIDAD	50
21	PREPOSTURA -RP-AR	12
22	PREPOSTURA REPROD GRANEL KALIDAD	32
23	SUPER CERDITOS PREINICIADOR	44
24	CERDITO PREINICIADOR F1 LN	10
25	CERDO LEVANTE 1 NARANJA 8936 AL(MEDICAD	6
26	CERDO LEVANTE 1 NARANJA 8936 ESPECIAL	27
27	CERDO LVTE LN1 GYP	16
28	CERDO FINALIZADOR LN+250GRS DE PAYLEAN	11
29	CERDO LEVANTE 1 M4	4
30	CERDITO PRECOZ -M3	42
TOTAL		619

El programa de producción que creó el supervisor de producción para un turno de 24 horas se introdujo en el simulador, para averiguar cuánto se acercaba el modelo a la realidad; se evaluaron los rendimientos de las maquinas más trascendentales en los procesos y cantidad de producto fabricada.

Tabla 9. Primeros resultados del escenario de programa de producción.

Porcentaje de Utilización	Simulador	Italcol	Diferencia
Mezcladora	54%	72%	25%
Peletizadoras	56%	85%	34%
Ensacadora	63%	87%	28%

Porcentaje de Utilización	Simulador	Italcol	Diferencia
Cambios de programa	6	10	40%
Toneladas producidas	450	526	14%
Prouductos fabricados	22	25	12%

En el escenario el simulador obtuvo hasta un 40% de diferencia con los datos reales, un porcentaje muy alto si lo que se busca es que el modelo sea lo más cercano a la realidad.

Realizando pruebas con varios escenarios, se localizo un factor clave que definió la distancia entre los datos del simulador y los datos reales, este factor era la variación del rendimiento de los productos en cada una de las maquinas que

intervenían en el proceso de producción. Mientras el simulador estuviese actualizado diariamente con los datos de rendimiento de los productos, los resultados de la simulación eran más cercanos a los datos reales.

Tabla 10. Últimos resultados del escenario de programa de producción.

Porcentaje de Utilización	Simulador	Itacol	Diferencia
Mezcladora	84%	81%	4%
Pelletizadoras	75%	79%	5%
Ensacadora	87%	92%	5%

Porcentaje de Utilización	Simulador	Itacol	Diferencia
Cambios de programa	5	5	0%
Toneladas producidas	463	480	4%
Prouductos fabricados	22	23	4%

En el escenario el simulador obtuvo un promedio de 3,5% de diferencia con los datos reales, un porcentaje que se acerca considerablemente a los datos reales, confirmando que el modelo de simulación ha sido calibrado y está listo para su implementación.

6.4. IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO COMPUTACIONAL PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Se elaboró un tutorial básico en el que se muestran los pasos a seguir para determinar el orden de producción de los pedidos y así lograr que sean entregados a tiempo.

Este tutorial se hace con el fin de estandarizar el procedimiento para programar producción y así lograr que cada supervisor programe de la misma forma, también se utilizaron herramientas que tiene la empresa y ayudan a la programación de la producción, pero que los supervisores no utilizan con mucha frecuencia; estas herramientas son:

- Una base de datos de los pedidos de los clientes que se actualiza cada 3 horas para todas las áreas de la empresa.
- Una hoja de cálculo que actualiza los datos de ventas y entrega a diario un pronóstico de las ventas de cada producto.

- Una base de datos de inventario kardex, que actualiza la cantidad de producto final, que se encuentra en bodega.

A continuación se describe cada uno de los pasos para programar la producción. (Para este documento, se hace una descripción breve, ya que la empresa no quiere que se detalle este proceso):

Paso No.1

Descargar datos del sistema: Los pedidos actuales de cada uno de los productos y las ventas del día anterior; que se anexan a datos históricos para actualizar y generar el pronóstico diario.

El sistema de la empresa Itacol se actualiza cada 3 horas en una interface entre los departamentos producción, ventas, costos y control de calidad, en este momento los datos que arroja el sistema son 100% reales.

En este caso a las 7:00 am el supervisor de producción de turno, descarga los datos de los pedidos de cada producto y los importa a un archivo de Excel para almacenar y facilitar el manejo de los datos:

Figura 3013. Descarga de pedidos

Importa CM0513A.PPN		BULTOS		0		0	
PEDIDOS P3 (Listado por Referencia)		KILOS		0		0	
		0		0		0,00	
CM0513A	ORDENES D	E VENTA - PO	R GRUPO / PARTE			PAG: 1	
I		* RESUMI	DO *				
I Empresa: IT	ITACOL DE OCCIDENTE LIMITADA						
I C.u. : 01	PALMIRA					* PENDIENTES *	
I							
I							
(GRUPO/PARTE)	DESCRIPCION	UNIDAD BOD MEDIDA	CANTIDAD PENDIENTE	KILOS TEORICOS	VALOR TOTAL	VALOR/Kg	
20	PRODUCTO TERMINADO						
20	PRODUCTO TERMINADO						
20.01	LINEA ENGORDE						
20.01	LINEA ENGORDE						
20.01.01	POLLITO INICIACION						
20.01.01	POLLITO INICIACION						
LE1002	SUPER POLLITO INIC. CROMBO GRANJA	12 BULTOS	215,00	8.600,00	8.803.000,00	1.023,60	
LE1006	POLLITO-PRE CROMBO	12 BULTOS	38	1.520,00	1.596.000,00	1.050,00	
LE1082	SUPER POLLITO INICIACION (GRANJA) MEDICA	12 BULTOS	300,00	12.000,00	12.060.000,00	1.005,00	
LE1173	SUPER POLLITO INIC. GRANJA ET.DORADA	12 BULTOS	369,00	14.760,00	14.392.240,00	975,08	
***	POLLITO INICIACION		922,00	36.880,00	36.851.240,00	4.053,68	
***	POLLITO INICIACION		922,00	36.880,00	36.851.240,00	4.053,68	
20.01.02	POLLO ENGORDE						
20.01.02	POLLO ENGORDE						

Después de almacenar los datos de los pedidos, procede a descargar los datos de las ventas del día anterior, esta información de ventas se almacenan en una base de datos de Excel que genera un pronóstico diario.

Figura 31. Descarga de ventas

Importa CM07011.P01 VENTAS PROD NORM (Listado por Referencia)			BULTOS		0		0							
			KILOS		0		0							
					0		0		0,00					
I			PESO TEORICO										I	
I Empresa : IT ITALCOL DE OCCIDENTE LIMITADA							Acumu		lados d		sde: 11/03/		01 Hasta: 11/	
I C.u. : 01 PALMIRA							Netos		d		e sde: 11/03/		07 Hasta: 11/	
I Grupo de Bod(s) : 12 PROD TERMINADO													I	
I-----			----		-----		-----		-		-----		-----	
I					#¿NOMBRE?		O-----				ACU		MULADO	
IREFERENCIA			DESCRIPCION		U.M		CANTIDAD		PRECIO_PRO		VALOR VENTA		CANTIDAD	
-----			-----		-----		-----		-----		-----		-----	
GRUPO : 20			PRODUCTO TERMINADO											
GRUPO : 20			PRODUCTO TERMINADO											
2001			LINEA ENGORDE											
2001			LINEA ENGORDE											
200101			POLLITO INICIACION											
200101			POLLITO INICIACION											
LE1002			SUPER POLLITO INIC.CROMBO GRANJA		KIL		6360		40.622		6.459.000,00		2,43	
LE1006			POLLITO-PRE CROMBO		KIL				39.666		-1190.000		-0,45	
LE1092			SUPER POLLITO INICIACION (GRANJA) M		KIL		0,00		0,00		0,00		1	
LE1173			SUPER POLLITO INIC. GRANJA ET.DORAD		KIL		11.120,00		39.124,00		10.876.720,00		4,09	
TOTAL GRUPO			POLLITO INICIACION		KIL		16.280,00		992,00		16.145.720,00		6,07	
TOTAL GRUPO			POLLITO INICIACION		KIL		16.280,00		992,00		16.145.720,00		6,07	
-----			-----		-----		-----		-----		-----		-----	
GRUPO : 200102			POLLO ENGORDE											
GRUPO : 200102			POLLO ENGORDE											
7606			SUPER POLLO ENGORDE CROMBO GRANJA S		KIL		7.000,00		40.680,00		7.119.000,00		2,68	
LE1004			SUPER POLLO ENGORDE CROMBO (GRANJA)		KIL		0,00		0,00		0,00		1	
LE1174			SUPER POLLO ENGORDE ETIQ.DORADA		KIL		22.200,00		39.614,00		21.985.800,00		8,26	
TOTAL GRUPO			POLLO ENGORDE		KIL		29.200,00		997,00		29.104.800,00		10,94	
TOTAL GRUPO			POLLO ENGORDE		KIL		29.200,00		997,00		29.104.800,00		10,94	

En la figura 32, se tiene un fragmento del listado de ventas de cada producto del día anterior al que se va a programar, este listado lo crea el departamento de ventas en base a todos los productos que han salido de la planta así no hayan sido cancelados económicamente, ya que varios clientes tienen una línea de crédito en la empresa.

Figura 32. Venta diaria de productos

VENTAS SEMANALES DICIEMBRE ENERO									
		6-11 DIC 2010	13-18 DIC 2010	20-23 DIC 2010	27-30 DIC 2010	03-08 ENE 2011	11-15 ENE 2011	17-22 ENE 2011	PROMEDIO
		537	435	520	584	485	464	407	2942
distribuid or, maquila o granelero	PRODUCTOS	PROMEDIO DIARIO DE VENTAS 6-11 DIC 2010	PROMEDIO DIARIO DE VENTAS 13-18 DIC 2010	PROMEDIO DIARIO DE VENTAS 20-23 DIC 2010	PROMEDIO DIARIO DE VENTAS 27-30 DIC 2010	PROMEDIO DIARIO DE VENTAS 03-08 DIC 2010	PROMEDIO DIARIO DE VENTAS 11-15 DIC 2010	PROMEDIO DIARIO DE VENTAS 17-22 ENE 2011	PRONOSTICO SEMANAL ENE 11-ENE 15 2010
Fecha: Enero 13 2011; 09:00 AM									
S M	HUEVO PREPICO AXA KALIDAD	539	554						
S D	SUPER POLLO ENGORDE ETIQ.DORADA	836	704						
S M	POLLO ENGORDE (Q) KALIDAD CON PIG	787	517						
S D	SUPER POLLO ENGORDE CROMBO (GRANJA)	421	169						
S D	SUPER POLLO ENGORDE CROMBO (distribuido)	671	597						
S DT	PREPICO MEZCLA	483	515						
S DT	CERDO LEVANTE 1 NARANJA 8936 AL	513	399						
S M	POLLITO INICIACION CON PIGMENTO KALIDAD	512	285						
S D	SUPER POLLITO INIC. CROMBO (DISTRIBUIDOR)	503	360						
S G	POLLITO INIC.A GRANEL -NAPOLES-	531	502						
S D	SUPER POLLITO INIC. GRANJA ET.DORADA	460	277						
S D	ITAL POLLO CAMPESINO PELET (DISTRIBUIDO)	239	217						
S M	LEVANTE 2 PL M-1	260	235						
S DT	SUPER CERDOS ENGORDE	225	258						
S D	ITAL POLLO CAMPESINO CROMBO (DISTRIBUIDO)	293	201						

SUPER HUEVO PREPICO CROMBO (DISTRIBUIDOR)

1	2	3	4	5	6	7
160	154	188	218	183	170	206

En la figura 33. Se tiene un fragmento del archivo donde se almacenan las ventas diarias de cada producto. Cada día se observa la gráfica de los productos, para

ver si presentan, tendencia, estacionalidad o ciclicidad. Después se importan estos datos a un programa donde se genera el pronóstico diario.

Paso No. 2

Analizar los pedidos reales con los pronósticos de las ventas y de acuerdo a la experiencia del supervisor determinar qué cantidad de producto final se debe tener la empresa, pero tomando como primer criterio decisión; si el pronóstico es mayor que el pedido del producto; cumplir el pronóstico de lo contrario basarse solo en el pedido.

Para esto se importa los pedidos y pronósticos en un archivo de Excel donde se comparan y evalúan cada uno de los productos, y se determina si se debe tener la cantidad de los pedidos o la que genera el pronóstico, o si el supervisor lo ve pertinente, establecerá una cantidad diferente.

Paso No.3

Analizar el estado actual de cada una de las existencias en bodega de producto terminado y contrastar con la cantidad de producto que se debe tener en la empresa y así determinar que se debe fabricar.

Después de determinar la cantidad de producto que se debe de tener en la planta para responder con la demanda, se descargan archivos del inventario de cada producto y se contrasta con lo que debe tener en la planta y así se determina que productos deben fabricar y cuales están llegando al límite.

Figura 33. Necesidades de Producción

BODEGA 12- PEDIDOS- PROPUESTA PRODUCCION		VENTA DIARIA					
distribu idor, maquila o granelero	PRODUCTOS	1.464	8.237	482	349	1.424	7.782
	BODEGA 12 (07-02-11) (07:00AM)	PEDIDOS FEB 07 (09:30AM)	PROMEDIO DIARIO DE VENTAS	VENTAS FEB 07- 2011	PRODUCIR PARA EXISTENCIA MAXIMA	PRODUCIR PARA CUMPLIR CON PEDIDOS	
Fecha: Febrero 07 2011; 09:00 AM							
POLLO CAMPESINO							
D	ITAL POLLO CAMPESINO PELET (DISTRIBUIDO)	2.028	293	236	20	0	
D	ITAL POLLO CAMPESINO CROMBO (DISTRIBUIDO)	4.060	314	218	275	0	
DP	PACKS ITAL POLLO CAMPESINO CR.20*1KL	127	26	33	0	0	
DP	PACKS ITAL POLLO CAMPESINO PEL.20*1 KL	3	4	25	0	1	
POLLO ENGORDE DISTRIBUCION							
D	SUPER POLLO ENGORDE CROMBO (distribuido)	5.803	1031	485	436	0	
D	SUPER POLLO ENGORDE PELET. (DISTRIBUIDOR	84	10	75	0	366	
DP	PACKS SUPER POLLO ENGORDE CR.DIST. 20*1K	24	13	24	0	0	
DP	PACKS SUPER POLLO ENGORDE PEL.DIST 20*1K	0	0	0	0	0	
POLLITO DISTRIBUCION							
D	SUPER POLLITO INIC. CROMBO (DISTRIBUIDOR	1.940	886	370	618	0	
DP	PACKS SUPER POLLITO CROMB DIST 20*1KL	31	27	18	10	0	
TOTALES BULTOS		19.198	159.990	5.109	4.969	11.969	
TOTAL TONELADAS		768	6.400	204	199	479	
LINEA PONEORA						6.209	

La figura 34, muestra un fragmento del archivo donde se compara los datos de bultos que hay en bodega, después se contrastan con los pedidos y los

pronósticos de ventas, luego se determina cuanto se debe producir para alcanzar la existencia máxima, y así determinan las necesidades de producción.

Paso No. 4

Analizar el cuadro de rendimiento de la mezcladora, las peletizadoras y la ensacadora, con cada uno de los productos y anexar a datos históricos para evaluar el rendimiento actual de producción. Cada producto tiene un rendimiento diferente en cada fase del proceso (mezclado, peletizado y ensacado), este rendimiento no es constante, varía dependiendo de la calidad de materia prima que se utilice para fabricar el producto o de condiciones mecánicas de las maquinas involucradas en el proceso, debido a esto se debe tener actualizado el rendimiento de cada producto, para que los datos que genere, sean lo más cercano a la situación actual.

Figura 14: Rendimiento diario de maquinas

ITALCOL DE OCCIDENTE LTDA - DEPARTAMENTO DE PRODUCCION																		
RENDIMIENTOS PELETIZADORAS																		
FECHA: SEP DE 2008 PRODUCTO	RENDIMIENTO DIARIO									RENDIMIENTO ACUMULADO								
	MAQUINA 1			MAQUINA 2			MAQUINA 3y4			MAQUINA 1			MAQUINA 2			MAQUINA 3y4		
	ton	Min	T/Hor	ton	Min	T/Hor	ton	Min	T/Hor	ton	Min	T/Hor	ton	Min	T/Hor	ton	Min	T/Hor
POLLO ENGORDE	58	375	9,3	16	115	8,3				109	755	8,7	518	3.805	8,2	463	4.253	6,5
POLLO ENG. DORADO			-			-			-	90	530	10,2	255	1.740	8,8	96	570	10,1
POLLO ENG. KALIDAD			-			-			-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
POLLO ENGORDE DIS.			-			-			-	0	0	-	69	420	9,9	204	1.830	6,7
POLLO CAMPESINO			-			-	93	520	10,7	53	530	6,0	22	200	6,6	278	2.260	7,4
POLLITO INICIACION			-			-			-	128	840	9,1	246	1.550	9,5	138	1.245	6,7
POLLITO INIC. DORADO			-			-			-	0	0	-	0	0	-	189	1.840	6,2
POLLITO INICIACION DI.	18	100	10,8	27	180	9,0	54	375	8,6	58	381	9,1	80	640	7,5	251	2.135	7,1
POLLITO PREINICIADOR			-			-			-	92	555	9,9	25	150	10,0	0	0	-
TOTAL ENGORDE	76	475	9,6	43	295	0,0	147	895	9,9	530	3.591	8,9	1.215	8.505	8,6	1.619	14.133	6,9
POLLA LEVANTE AXA			-			-			-	24	205	7,0	43	410	6,3	18	240	4,5
POLLA LEVANTE AVIAM	6	45	8,0			-			-	42	295	8,5	9	70	7,7	0	0	-
POLLITA AXA			-			-			-	36	250	8,6	9	70	7,7	0	0	-
POLLITA PREINICIADORA			-			-			-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
HUEVO PREPICO AXA	9	65	8,3			-			-	45	310	8,7	207	1.445	8,6	6	60	6,0
HUEVO PRE AXA - F2			-			-			-	15	105	8,6	174	1.180	8,8	9	85	6,4
HUEVO PRE HYBRO			-			-			-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
PREPOSTURA			-			-			-	0	0	-	0	0	-	0	0	-

En la figura 35, se muestra un fragmento del archivo donde se almacena el rendimiento diario de producción de las maquinas y el rendimiento acumulado mensual, y así mediante estos datos, elegir la ruta de producción más conveniente, para cada producto; es decir la ruta que genere mayor rendimiento.

Paso No.5

Crear secuencias de producción, en base a los datos analizados en pasos anteriores, después simular estas secuencias en el modelo de producción itacol creado en el software Promodel; con el método ensayo y error, se determinará la secuencia de producción que disminuya los bloqueos del sistema.

Después de los pasos anteriores ya el supervisor de producción debe de tener las necesidades de producción y que productos se encuentran en niveles de cantidad más bajos.

Figura 15: Formato de programa de producción

 PROGRAMA DE PRODUCCION Fecha Programación: Noviembre 2/2008 - 10:30 AM									
PRIOR	PRODUCTO	OP	PRES	BACHE Prog.	MAQ. No.	OBSERVACIONES	PEDIDO ESPECI AL	BACH E Produ	Fecha Limite
21	BRIO ADULTOS		H	4		URGENTE			25 11
22	BRIO YEGUAS		P	3		URGENTE			25 11
23	BRIO POTROS		P	3		URGENTE			25 11
24	BRIO PELLET		P	3					25 11
DADO PEQUEÑO									
25	CERDITO PREIN. CIAL		P	2					25 11
26	CERDITO INIC CIAL		P	5					25 11
HARINAS CON PRODUCTO PARA REPROCESSAR									
27	POLLA LVTe CIAL		H	10		988 Und Vencidas			25 11
28	POLLITA CIAL		H	4		294 Und Vencidas			25 11
Baches Ton: 204 612,0 559,00 Ton/h Planificada 30 27 24 Horas del programa 18,6 20,7 23,3									
PROGRAMADOR					SUPERVISOR				

En la figura 35, se muestra un fragmento del formato que comunica el programa de producción, las cantidades y el orden de productos a fabricar; posteriormente se procede a digitar la secuencia y cantidad de los productos en los arrivals del simulador de producción, para determinar su viabilidad, analizando el número de bloqueos al simular la secuencia.

Se hacen pruebas de secuencias de producción por 20 minutos y el supervisor escoge que secuencia de producción es más viable, con el criterio de menos bloqueos del sistema, se determinó que era solo 20 minutos ya que es el tiempo en que el producto limpieza (maíz triturado que arrastra las impurezas del sistema) pasa por todo el sistema de producción: elevadores, transportadores y maquinas. Después de esto el turno de producción está listo para empezar.

Figura 16. Cuadro de entrada de programa de producción

la columna Qty Each; se oloca los baches

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	isabl
Cerdo_lvte_LN	PROGRAMACION_DE_P	20	0	1	1		No
Super_cerdos_engor	PROGRAMACION_DE_P	20	0	1	1		No
Cerdo_finalizador_1	PROGRAMACION_DE_P	20		1	1		No
Cerdo_finalizador_2	PROGRAMACION_DE_P	20	0	1	1		No
Cerdo_lvte_GYP	PROGRAMACION_DE_P	5	0	1	1		No
Cerdo_lvte_LN_GYP	PROGRAMACION_DE_P	10		1	1		No
Cerdo_lvte_1M3	PROGRAMACION_DE_P	15	0	1	1		No
Cerdo_lvte_1M0	PROGRAMACION_DE_P	8	0	1	1		No

7. RESULTADOS

El modelo de simulación, se comenzó a incluir en el proceso de programación de producción de la empresa Itacol a finales del mes de febrero del año 2011 y se evaluó su funcionamiento hasta el mes de mayo del mismo año.

Los meses Marzo, Abril y Mayo de los años 2010 y 2011 presentan una gran proporcionalidad en el número de pedidos, esto ayuda a que los indicadores de producción que evalúan los resultados del modelo, no se vean afectados por cambios de la demanda.

Tabla 11. Numero de pedidos procesados año 2010 vs 2011

Mes	Pedidos (Ton) 2010	Pedidos (Ton) 2011
Marzo	524	554
Abril	498	510
Mayo	576	531

Evaluando los resultados obtenidos se contrastan indicadores tales como: cambios de programa, costo por tonelada producida y nivel de servicio del año 2010 versus el año 2011, en los meses Marzo, Abril y Mayo.

Tabla 12. Comparación costo por tonelada vs ocurrencias de cambios de programa año 2011

	MARZO	ABRIL	MAYO
COSTO POR TONELADA PRODUCIDA (\$/ton)	32.521	31.372	26.039
NÚMERO DE OCURRENCIAS DE CAMBIO DE PROGRAMA	159,18	113,7	68,22

Tanto en la tabla 9. Como en las figuras 37 y 38 se presenta una disminución del costo por tonelada producida y del número de cambios de programa en los meses que se implementó el modelo de simulación.

Figura 17. Costo tonelada producida

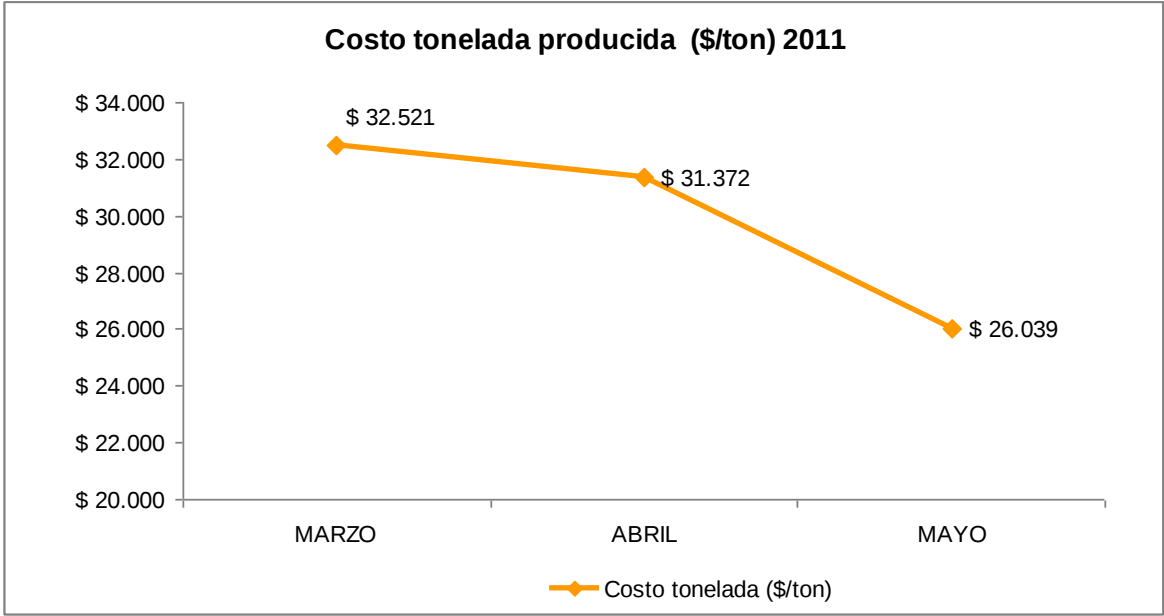


Figura 38. Cambio de programa

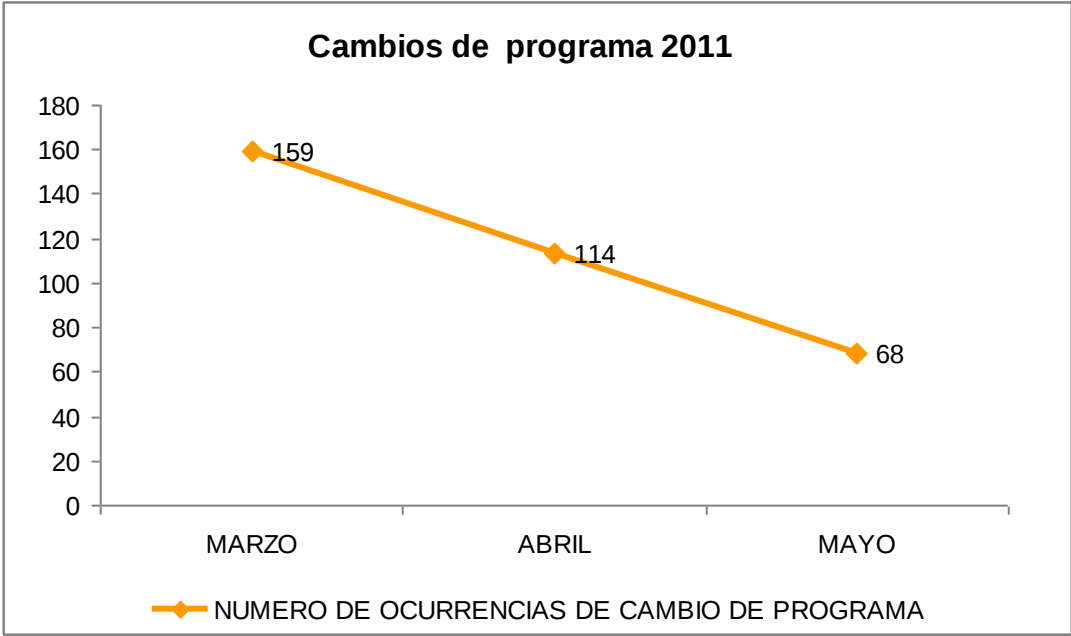
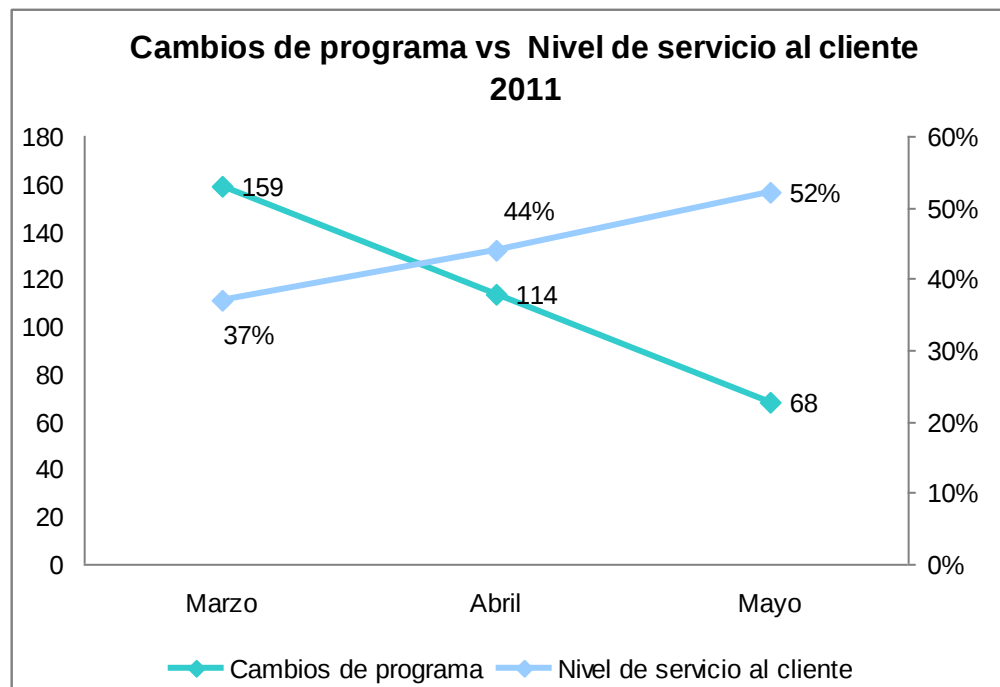


Tabla 13. Nivel de servicio promedio año 2011

	Marzo	Abril	Mayo
Cambios de programa	159	113	68
Camiones atendidos correctamente en el día	37%	44%	52%

Figura 189. Cambios de programa vs nivel de servicio



La tabla 10 y la figura 39 contrastan los cambios de programa y los porcentajes del nivel de servicio, mostrando que a medida que los cambios de programa disminuyeron el nivel de servicio aumento de 37% a 52% en los meses que el modelo de simulación se implementó.

Se observa en este modelo que la distribución de producto en proceso basada en la necesidad de cada operación ocasiona sobrecargas en ciertas máquinas y las paradas en el proceso productivo.

La eliminación de las demoras, conjuntamente con la redistribución de producto en proceso por cada uno de los transportadores y tolvas, “optimiza” las operaciones del proceso de producción de alimento concentrado, incrementando su capacidad de producción mensual y disminuyendo el tiempo de ciclo de los productos en el proceso.

La meta de reducción de los cambios de programa debido a la mala secuencia de producción es reducirla en un 75%; aunque en estos 3 meses no se alcanzó esta meta, se logró una reducción del 45% en los cambios de programa originados por la mala secuencia de producción, esto quiere decir, que se alcanzó una reducción total 14% en los cambios de programa.

Figura 19. Costos mensuales de producción 2010 vs 2011

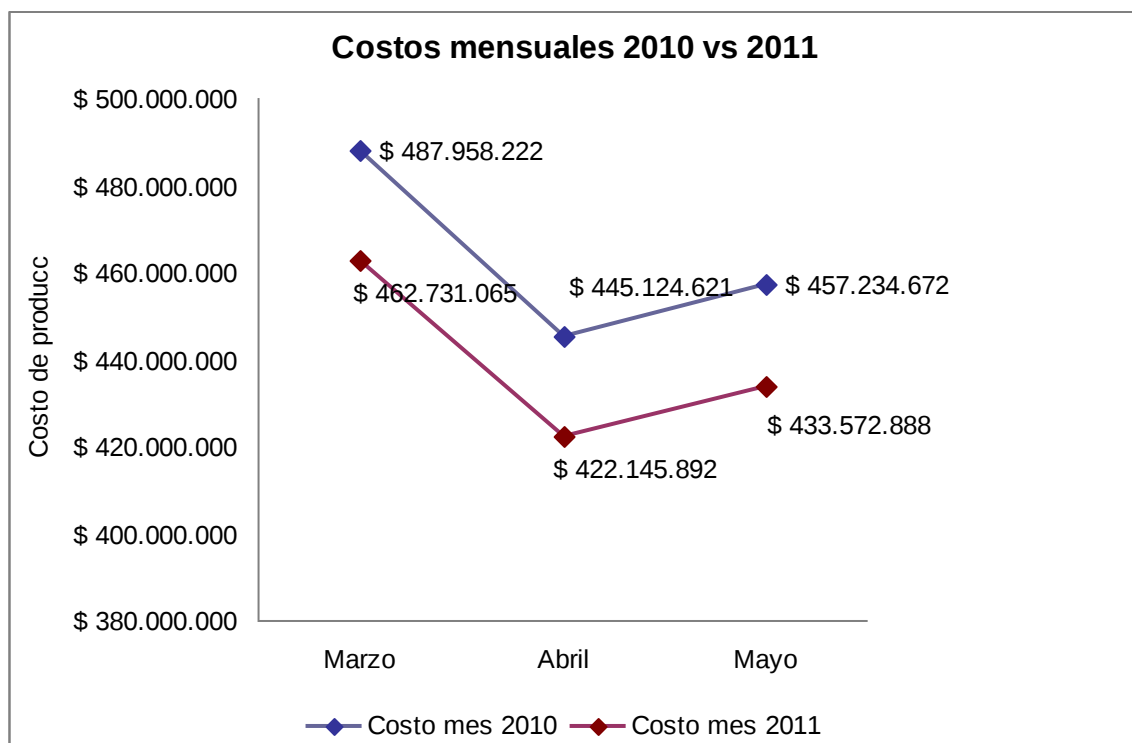
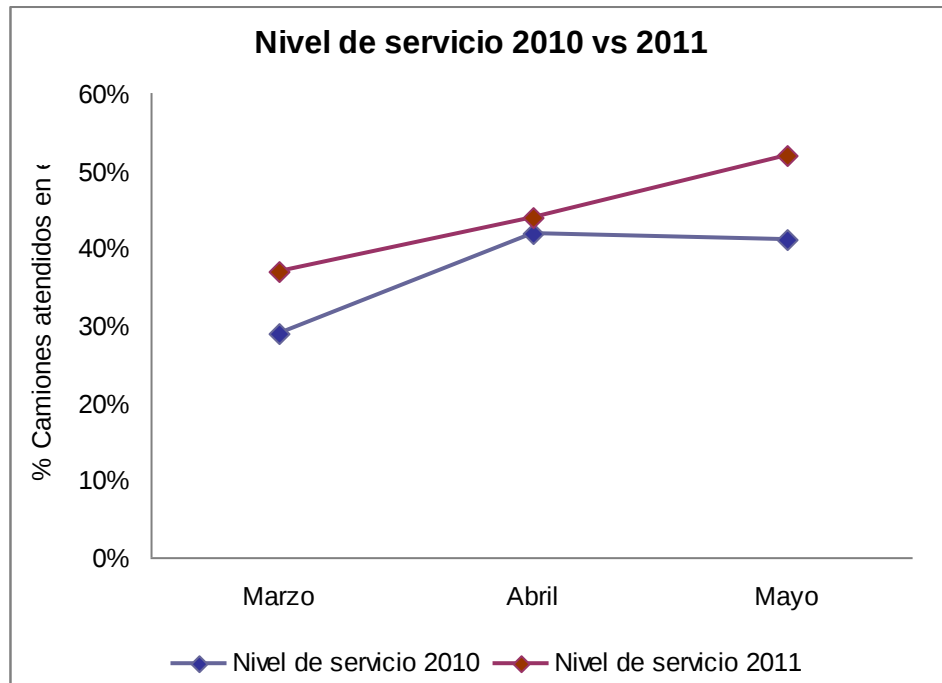


Tabla 14. Nivel de servicio 2010 vs 2011

Mes	Nivel de servicio 2010	Nivel de servicio 2011
Marzo	29%	37%
Abril	42%	44%
Mayo	41%	52%

Figura 20. Nivel de servicio 2010 vs 2011



Al realizar la comparación de estos tres meses en los cuales se implementó este modelo para la programación de la producción se obtuvo una disminución de \$22.978.729 promedio mensual con un total de \$ 71.867.671 para los tres meses con un porcentaje de reducción del 5,2%; además se obtuvo un incremento del nivel de servicio al cliente del 16% con respecto al año 2010.

7.1 CONCLUSIONES

Después de todo el análisis realizado para la construcción del modelo y mejora del mismo, se podría decir que el programa tiene una buena aproximación a los resultados reales convirtiéndose en una herramienta muy útil para el desarrollo de criterios y para la toma de decisiones, brindando a la empresa la oportunidad de poder discernir entre posibles formas y alternativas de construcción que pudiera adoptar el modelo en consideración.

Se logró conseguir una disminución de los cambios de programa con ayuda del nuevo modelo de programación de la producción, debido a que la secuencia de producción antes de ser generada, se puede probar en el simulador para lograr establecer la mejor secuencia de producción.

Tras la realización del presente trabajo se logró determinar que la “Simulación Computarizada” es una herramienta que permite hacer un análisis dinámico (en el tiempo) de los distintos sistemas representados en modelos computacionales. Esta singular característica es importante, principalmente para realizar pronósticos de los resultados potenciales que se obtendrán al seguir un determinado curso de acción.

Además cabe resaltar que recientes avances en las metodologías de simulación y la gran disponibilidad de software que actualmente existe en el mercado, han hecho que la técnica de simulación sea una de las herramientas más ampliamente usadas en el análisis de sistemas.

7.2 RECOMENDACIONES

La empresa Itacol Ltda presenta un alto potencial para el desarrollo en proyectos de mejora, no solo en el departamento de producción, también en el departamento de ventas y la logística entre ellos.

El método para programar la producción en la empresa Itacol puede mejorar en muchos aspectos simplemente aprovechando al máximo las herramientas que poseen, como el simulador de producción desarrollado en este trabajo, que tenía como objetivo ver el departamento de producción de forma general, pero si este simulador se aprovecha para atacar una sola área, como el área de peletización se empiezan a crear soluciones para problemas más específicos como la variación de rendimiento por cada operario que maneje la maquina peletizadora.

En el desarrollo de este trabajo se encontraron varias causas que generaban el cambio de programa y la de mayor importancia era la preferencia de clientes. A lo largo de este trabajo se demostró que al minimizar este problema traería muy buenos resultados en cuanto a la disminución de cambios de programa, viéndose reflejado en un incremento del nivel de servicio al cliente. Para atacar el problema de la preferencia de clientes se debe trabajar directamente con el departamento de ventas y crear una propuesta que le ayude a la empresa a conocer mejor al cliente y determinar cuándo el cliente preferencial va a necesitar alimento concentrado, una de estas propuestas tendría como un punto fuerte que la empresa prestara un servicio de seguimiento a los animales que posee el cliente preferencial y así la empresa determine con anticipación cuando es necesario fabricar alimento para un determinado cliente preferencial.

El simulador elaborado en este trabajo se realizó con el software Promodel, un programa que ofrece muchas facilidades en el momento de interpretar la simulación, pero existen software que utilizan técnicas más complejas y ofrecen un mejor resultado al largo plazo, CPN tolos es un programa que simula cualquier sistema por complejo que este sea y utiliza las redes de Petri coloridas, estas ayudan a encontrar soluciones muy cercanas al optimo.

8. BIBLIOGRAFIA

Joan B. Fonollosa. Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT. Primera edición. 1999 Capítulo 1 Gestión de Producción.

Norman Gaither Greg Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Octava edición. 2003 Capítulo 9 Sistema de la Planeación de la Producción.

Norman Gaither Greg Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Octava edición. 2003 Capítulo 12 Planeación y Control Taller en la manufactura.

Jose M^a Cataño Farrero. Dirección de la producción: Casos de Aplicación. Segunda edición. 2003 Capítulo 11 Planificación y Control a corto plazo.

Raul Coss Bu. Simulación un enfoque practico. Sexta edición. 2003 Capítulo 1 Introducción a la simulación.

Garcia Dunna Eduardo. Simulación y análisis de sistemas con Promodel. Primera edición. 2006 Capítulo 1 Principios básicos de la Simulación.

Wang, J. & Zhang, Y. F. "Reducción de los trabajos tardíos mediante la integración de la planeación de procesos y funciones de programación" Universidad nacional de Singapur en Singapur – 2008

Wang, J. & Zhang, Y. F. "Simulación basada en meta-modelos para la programación de un taller de trabajo dinámico" Universidad nacional de Singapur en Singapur-2009

Castrillon Omar D. "Diseño de una hiper-heurística para la programación de producción en entornos de talleres de trabajo" Universidad Nacional de Colombia Manizales-2010

Montoya Jairo R. "Implementación de un procedimiento basado en algoritmos evolutivos para programar la producción de marquillas estampadas por transferencia térmica" Universidad del Norte de Barranquilla en Barranquilla-2008

Lin Huiping "Análisis de procesos de fabricación con el apoyo de la modelización y la simulación de flujo de trabajo" Universidad de Tsinghua, Beijing-2009

Chen Chi-Kuang & Tsai Cheng-Ho "Desarrollo de un proceso de re-ingeniería de sistema orientado hacia el cambio organizacional de exploración de simulación" Universidad Yuan Ze de Taiwan-2008

Field Dennis W. "Simulación de la puesta en marcha de matrices de nano poros en una planta manufacturera" Universidad Eastern Kentucky de Richmond-2009

Duran C. Javier y Favio S. Patzi, "Optimización del Funcionamiento de una Panadería Mediante un Modelo de Simulación - Caso de Estudio: Panadería de Villa San Antonio" Universidad del Valle en Perú-2007

Sandanayake YG. & Oduoza, C.F. "Una modelación y simulación sistemática enfocada al desempeño del JIT" Universidad de Wolverhampton en Shifnal Road-2008

Carlos Peñaranda Huerta y Daniel Aníbarro Zelaya "Optimización de una Línea de Producción de Gasa Quirúrgica" Universidad del Valle en Perú-2007

ANEXOS

Anexo 1: Tiempos de producción

Tabla de tiempos de Pollito comercial en Peletizadora 1 (Toneladas/Hora)

8,081	9,455	7,411	7,743	9,213	7,202	5,872	6,041	7,714	7,939
7,460	7,773	5,831	8,814	5,674	7,196	8,143	6,663	8,721	8,090
7,302	8,124	9,474	6,956	9,308	9,486	6,647	5,988	8,173	7,105
8,740	7,768	8,073	9,207	6,329	7,208	5,552	5,704	9,286	8,156
7,233	6,993	9,037	6,112	6,963	7,393	7,052	5,645	8,602	5,855
5,838	7,497	7,625	7,133	7,195	5,858	6,455	6,131	5,844	9,182
6,379	7,889	6,778	9,092	7,217	8,055	6,158	6,242	6,285	8,593
6,616	5,764	7,308	7,571	8,348	8,605	6,454	7,305	6,150	5,859
7,769	6,416	5,756	6,171	5,675	9,023	8,785	6,654	6,401	8,727
7,807	6,026	7,150	8,704	8,294	7,425	6,240	8,593	6,962	9,139

Tabla de tiempos de Pollito dorado en Peletizadora 1 (Toneladas/Hora)

10,149	9,823	9,042	9,205	9,248	10,874	10,350	9,032	9,397	9,038
10,349	9,313	9,841	10,251	9,960	10,433	10,389	8,758	10,737	9,436
9,044	9,821	9,008	8,846	9,174	8,906	10,617	10,298	10,579	9,780
9,261	10,370	9,837	9,290	10,324	9,596	10,187	8,879	8,847	10,166
8,727	9,656	9,445	10,560	10,133	9,620	8,736	9,752	9,593	10,601
9,786	9,187	8,809	9,164	9,010	10,418	8,857	8,902	10,918	9,573
9,535	10,707	9,278	10,358	9,729	9,089	10,367	9,440	8,742	8,987
10,287	10,382	9,444	10,342	9,908	9,096	9,457	9,685	10,612	9,538
9,937	8,656	8,743	10,229	10,132	8,663	9,727	10,027	10,786	8,930
10,661	10,587	9,726	8,644	10,245	10,629	8,779	9,290	9,199	10,803

Tabla de tiempos de Polla levante en Peletizadora 1 (Toneladas/Hora)

9,374	8,171	6,814	9,464	8,914	9,355	7,795	7,018	7,140	9,229
8,588	7,020	7,853	8,406	9,738	7,391	8,606	8,267	6,831	8,184
7,545	7,155	7,670	8,981	8,214	8,953	7,931	6,791	8,679	7,709
9,802	9,572	7,269	8,254	7,603	9,461	7,271	9,511	9,355	9,372
9,397	8,040	9,132	8,820	6,583	9,585	7,575	9,415	8,860	7,748
7,296	9,349	7,925	6,477	7,192	8,745	7,940	8,311	8,986	7,737
9,169	7,813	7,574	7,275	8,573	6,818	7,758	8,855	8,949	9,009
7,983	8,872	7,829	8,849	6,756	8,770	6,802	9,499	8,827	8,952
8,005	6,673	8,758	7,290	7,582	7,152	8,895	7,680	6,581	8,141
9,070	7,940	8,823	8,309	8,792	9,751	7,169	8,704	9,004	6,875

Tabla de tiempos de Huevo prepico en Peletizadora 1 (Toneladas/Hora)

5,918	6,498	7,649	8,145	6,044	8,386	7,919	7,670	7,553	5,694
5,877	7,555	5,682	8,397	7,907	8,488	6,268	5,981	8,168	5,857
6,270	8,445	6,722	5,844	7,739	6,321	7,416	6,353	6,583	5,873
6,748	7,279	7,086	7,542	8,505	8,337	8,155	7,091	8,489	6,245
8,427	7,730	6,520	8,250	8,449	8,092	7,268	6,783	7,181	6,376
8,357	6,915	7,835	8,539	6,281	7,661	6,422	8,308	6,025	8,231
8,390	6,083	7,617	6,736	7,413	7,863	6,299	8,372	7,614	6,484
8,096	7,954	8,453	7,011	7,782	6,970	8,321	6,265	6,104	7,156
5,691	8,231	6,925	8,442	5,769	8,253	6,997	6,054	7,324	8,128
5,983	6,144	6,760	7,363	7,675	7,048	6,211	6,296	6,491	8,514

Tabla de tiempos de Cerdito iniciador en Peletizadora 1 (Toneladas/Hora)

5,608	6,183	8,311	5,534	5,837	5,566	7,550	8,309	6,786	6,776
7,107	7,577	6,863	6,464	7,071	8,087	7,183	7,264	7,758	7,100
5,919	7,285	8,017	5,515	6,460	5,966	6,166	5,716	8,320	7,273
7,625	5,860	6,808	7,334	5,902	5,983	5,615	5,573	6,182	7,889
6,690	5,819	6,568	7,308	5,525	7,468	7,161	7,310	6,694	6,443
8,024	7,977	6,674	5,388	5,494	5,992	7,883	5,725	7,200	7,032
7,300	5,539	6,420	6,745	6,436	6,124	7,290	7,972	8,100	6,982
5,907	8,037	7,086	7,905	6,447	6,151	8,053	7,960	7,788	5,364
6,371	6,704	6,860	6,485	6,992	5,982	5,881	6,370	6,201	8,253
7,223	6,353	6,057	5,928	6,177	6,390	8,113	5,516	8,329	6,907

Tabla de tiempos de Cerdo levante en Peletizadora 1 (Toneladas/Hora)

6,078	5,930	9,290	6,413	6,635	8,860	5,933	8,944	9,844	9,522
6,602	8,725	7,358	8,867	9,575	9,418	7,402	6,237	9,598	9,770
5,814	7,467	9,502	9,641	8,040	6,679	6,318	9,170	8,241	8,761
6,466	7,500	6,988	7,279	8,860	9,774	9,326	6,310	6,054	9,066
6,284	7,626	7,996	9,074	7,429	8,092	6,166	8,953	9,023	9,003
9,657	6,800	8,447	9,102	6,653	8,235	6,948	6,129	5,995	8,619
7,761	8,825	9,477	6,889	8,992	9,353	6,943	7,277	7,921	9,348
9,683	8,352	8,738	7,584	9,572	6,301	6,843	8,627	8,229	7,063
8,154	9,400	5,884	7,817	7,911	9,739	6,775	9,766	7,498	7,031
6,169	9,058	8,025	8,043	7,790	7,786	5,841	6,253	7,122	7,473

Tabla de tiempos de Pollito comercial en Peletizadora 2 (Toneladas/Hora)

5,359	8,394	6,806	8,443	8,730	8,363	7,191	6,798	7,759	6,705
5,792	8,308	5,534	6,040	8,448	8,305	7,474	7,509	6,663	7,380
8,112	7,472	7,875	5,430	6,390	8,174	8,303	7,130	7,502	7,201
7,456	6,149	8,547	5,694	7,285	5,630	8,278	5,855	5,888	8,028
8,494	6,398	7,961	6,773	6,815	8,073	5,640	7,589	5,857	7,813
6,827	6,081	7,775	6,742	6,863	5,776	5,793	7,310	6,891	5,596
7,085	7,500	7,475	8,734	7,294	8,735	7,341	5,388	8,581	7,962
7,593	5,773	8,253	8,632	8,506	8,068	5,339	7,217	5,905	6,422
8,439	8,620	7,166	8,469	8,394	5,422	6,822	8,507	5,920	5,507
7,477	6,190	7,721	7,446	6,040	8,750	7,911	5,324	8,418	8,229

Tabla de tiempos de Pollito dorado en Peletizadora 2 (Toneladas/Hora)

9,432	10,130	8,854	8,491	9,297	9,053	9,689	9,985	8,876	9,483
8,622	9,636	9,864	9,722	9,676	10,413	9,793	8,452	9,100	8,925
8,664	8,501	9,675	10,405	8,757	8,508	9,836	8,627	9,615	8,886
9,950	8,799	8,775	9,492	9,844	9,286	9,925	8,945	9,283	8,853
9,549	8,790	8,934	9,413	8,974	9,395	9,134	9,474	10,348	10,205
9,351	9,568	10,274	9,720	9,493	10,348	9,785	10,558	9,086	10,098
9,040	9,262	10,231	9,940	8,576	10,336	9,129	9,342	8,916	8,904
9,109	9,217	9,513	10,376	8,684	8,893	9,420	8,973	8,494	10,108
9,309	9,304	9,793	9,421	9,177	9,735	9,888	9,811	8,486	10,426
9,685	10,242	9,596	10,348	8,849	9,221	9,770	8,869	8,566	9,149

Tabla de tiempos de Polla levante en Peletizadora 2 (Toneladas/Hora)

8,866	6,787	7,691	7,704	8,852	8,055	7,936	7,372	8,182	8,473
6,773	7,740	7,961	6,864	8,384	8,381	6,631	6,942	7,717	7,330
8,787	7,980	7,221	6,827	7,756	8,204	8,238	7,006	7,652	6,764
7,396	8,151	6,785	8,487	7,465	8,191	8,459	7,323	8,389	8,138
8,011	7,089	8,632	7,374	8,247	6,922	7,118	7,500	8,497	7,303
7,655	8,539	8,589	7,951	7,893	6,666	7,798	8,757	7,718	8,287
7,039	6,620	8,099	7,469	8,416	7,912	7,674	7,047	8,181	8,099
7,177	8,272	6,671	6,833	8,590	8,299	8,839	7,935	8,265	8,516
8,812	8,653	7,734	8,561	7,969	7,391	8,294	8,671	8,252	6,669
8,579	7,620	7,715	8,624	6,860	7,241	7,270	8,823	8,125	7,326

Tabla de tiempos de Huevo prepico en Peletizadora 2 (Toneladas/Hora)

6,546	8,112	5,818	6,726	7,794	8,157	7,204	6,784	5,951	7,914
7,247	6,948	6,979	5,598	5,943	7,133	7,340	5,595	7,628	8,053
6,071	7,651	7,668	7,691	6,696	8,032	7,081	6,043	6,957	6,332
5,526	7,857	6,592	7,589	7,899	6,915	7,037	7,725	7,950	5,551
7,949	5,763	7,062	6,939	8,036	7,350	8,119	5,586	6,490	7,215
7,513	6,850	6,530	7,006	7,310	8,153	7,549	6,692	7,274	5,612
6,805	7,617	7,264	5,879	6,856	7,100	7,506	6,039	6,712	5,909
7,325	5,985	6,038	6,998	6,482	6,310	6,649	7,252	8,159	7,230
6,706	7,408	6,081	6,154	7,851	6,609	8,052	6,698	7,759	7,946
6,408	8,110	7,312	6,088	7,914	6,254	7,675	7,010	6,356	6,936

Tabla de tiempos de Cerdito iniciador en Peletizadora 2 (Toneladas/Hora)

5,145	6,794	8,088	6,936	6,950	5,323	5,560	5,885	7,336	6,827
7,106	8,184	5,232	6,625	7,615	6,614	7,589	7,408	6,764	7,115
8,300	7,768	5,905	8,327	6,553	7,320	5,976	8,436	7,630	5,515
6,676	7,620	5,720	5,945	6,360	5,819	5,876	6,601	6,153	5,139
7,095	5,710	7,235	7,587	7,239	8,433	5,638	7,962	5,725	6,912
7,972	8,309	7,353	8,278	7,662	7,013	8,358	5,984	6,102	7,544
7,328	6,419	7,531	7,853	5,662	6,879	5,224	5,217	7,524	5,762
7,385	6,639	8,253	7,027	6,136	8,086	7,275	6,568	8,044	6,411
6,413	7,775	7,042	7,390	5,895	8,150	7,912	6,450	7,162	6,449
7,578	5,799	6,367	8,283	5,267	5,550	7,540	7,367	7,230	6,981

Tabla de tiempos de Cerdo levante en Peletizadora 2 (Toneladas/Hora)

9,882	8,666	9,711	5,800	8,955	8,842	9,615	6,097	8,979	8,486
9,166	9,860	6,408	9,575	9,472	6,113	7,669	9,469	7,083	6,040
8,144	7,641	7,440	8,988	8,213	5,939	7,320	8,034	8,661	8,870
8,805	6,765	7,045	6,881	6,237	5,763	9,638	6,742	8,360	8,844
8,428	8,074	7,475	6,415	8,523	9,777	6,618	6,746	9,008	8,643
6,341	7,772	7,959	6,937	6,189	5,807	6,239	6,679	9,043	9,878
7,196	7,721	9,626	8,878	9,744	9,449	8,310	8,006	9,319	8,247
8,742	7,386	5,899	8,115	7,051	8,404	7,299	9,836	7,893	8,749
6,719	8,387	6,712	6,807	6,596	9,842	6,734	6,373	6,296	8,753
7,156	9,239	7,838	7,927	8,437	9,142	6,287	6,157	8,489	6,117