

Análisis de la producción de productos alimenticios tipo snacks mediante simulación de eventos discretos en una empresa de Medellín

Analysis of the production of snack-type food products by means of simulation of discrete events in a company in Medellín

Mauren Selene Ramirez ¹, Manuel Zapata Jaramillo ², Santiago Castro Espinosa ³,
Ronald Akerman Ortiz Garcia ⁴

^{1,2,3}Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

⁴M.Sc. en Ingeniería, Docente Catedrático, Universidad de Antioquia,

Grupo de Investigación Ingeniería y Sociedad Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Email: mauren.ramirez@udea.edu.co

Recibido: 7/11/2018
Aceptado: 16/12/2018

Cite this article as: M. S. Ramirez, M. Zapata Jaramillo, S. Castro Espinosa, R. A. Ortiz Garcia "Analysis of the production of snack-type food products by means of simulation of discrete events in a company in Medellín", *Prospectiva*, Vol 17, N° 1, 33-41, 2019.

RESUMEN

El presente artículo se enfoca en una empresa de snacks ubicada en Medellín (Colombia), la cual, debido al incremento de la producción por la alta demanda de sus productos, afectó la calidad y los estándares de producción, provocando diversos problemas como demora en la entrega de productos, acumulación de materia prima entre otros. De este modo, se evaluó la problemática presentada usando un modelo de simulación discreta teniendo en cuenta todas las variables que intervienen en dicha situación, localizando posibles cuellos de botella que causan la demora en la producción, y de esta forma se determinó el plan de acción a seguir para solucionar el problema. Teniendo en cuenta los hallazgos encontrados en lo anterior, se procedió a establecer diferentes escenarios de solución, atacando las diferentes causas de la problemática, posteriormente se evaluaron dichos escenarios para establecer la viabilidad de la implementación en la fábrica de snacks, y se analizaron los resultados encontrados los cuales son relevantes para identificar cuáles de las actividades se podría intervenir para incrementar el volumen de unidades producidas y así mismo dar solución a la problemática.

Palabras clave: Proceso de empaque; Producción de snacks; Simulación discreta; Cola

ABSTRACT

This article focuses on a snacks company located in Medellín (Colombia), which, due to the increase in production due to the high demand for its products, affected the quality and production standards, causing various problems such as delays in the delivery of products, accumulation of raw material among others. In this way, the presented problem was evaluated using a discrete simulation model considering all the variables that intervene in this situation, locating possible bottlenecks that cause the production delay, and in this way the action plan was determined to continue to solve the problem. Taking into account the findings found in the above, we proceeded to establish different scenarios of solution, attacking the different causes of the problem, then these scenarios were evaluated to establish the feasibility of the implementation in the snacks factory, and the results were analyzed found which are relevant to identify the activities that could be intervened to increase the volume of units produced and also provide a solution to the problem.

Key words: Packing process; Snacks production; Discrete simulation; Queue

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de *snacks* ha venido creciendo exponencialmente, con base en estudios de algunos nutricionistas aproximadamente el 54% de la población a nivel mundial consume diariamente este tipo de productos [1], adicionando cada vez más estos alimentos en la dieta de los seres humanos [2–5]. Algunos estudios aseguran que además de las 3 comidas completas que se deben hacer al día, es necesario incluir 2 *snacks* en la alimentación de cada persona, uno a media mañana y otro antes de la cena [4, 5].

Del mismo modo, en Colombia el 31% de las personas asegura que a menudo consume *snacks* para calmar el hambre entre las comidas, un 30% señala comerlos por nutrición, un 27% los consume a menudo para impulsar sus energías, un 21% para subir el ánimo y un 10% los consume frecuentemente como premio o recompensa [6].

Se prevé que las ventas de macrosnacks en Colombia alcanzarán los US\$8.363 millones en 2019, registrando una tasa de crecimiento promedio anual de 2,6% de los últimos cuatro años [7], haciendo que la industria de los *snacks* sea un sector de importancia para el país en términos económicos, aportando al país un mejor margen de ingresos en este tipo de industria.

Así mismo, ciudades como Medellín son las que más aportan y se ven involucradas en este mercado, con más de 20 empresas dedicadas a la producción y comercialización de este producto. Sin duda, el mercado de los *snacks* tiene amplias expectativas de crecimiento, gracias a la nueva tendencia de consumo hacia un estilo de alimentación más saludable, por esto es de suma importancia investigar sobre este, con el fin de potencializarlo [4–7].

De esta forma, en el Valle de Aburrá se encuentra una microempresa de *snacks*, de consumo común la cual tiene como producto principal el maní. La empresa tiene como fin el abastecer principalmente el comercio de maní en primera medida por ser su producto estrella en diferentes puntos de la ciudad mediante la modalidad de comercio informal.

Por su parte, la empresa en mención tiene como principal fuente de ingresos la producción de maní dulce y salado, sin embargo, también produce otros tipos de *snacks* hechos a base de harina en menor escala de producción. En el transcurso del tiempo, la empresa se ha adaptado a los cambios continuos del mercado alternando las funciones de sus empleados de acuerdo con la demanda de sus productos, lo que ha ido generando procesos que requieren más tiempo, demoras y cuellos de botella en el proceso en sí.

Por otro lado, se han identificado problemáticas que afectan al proceso productivo, como tiempos de espera excesivo, utilización no adecuada de los recursos, poco dinamismo en los puestos y acumulación de materia prima en algunas actividades, variación en el peso de los paquetes de los *snacks*, principalmente el maní mal empacado del producto entre otros,

generando poca efectividad en el proceso y reprocesos que extienden el tiempo de producción y costos de la empresa, afectando el producto terminado, la satisfacción del cliente y las utilidades de la empresa.

Una vez analizadas las causas de las demoras en la producción usando simulación de eventos discretos, metodología apropiada para abordar este tipo de problemas [8–15], se identificaron las variables afectadas en los procesos que tiene la empresa como el empacado y la selección del snack, donde se observa que se acumula una cantidad significativa de materia prima, perjudicando el proceso de producción en la organización, cabe decir que son escasos los estudios en Colombia acerca de la simulación discreta en la producción de *snacks*, otra razón para realizar el presente trabajo.

Para lograr lo propuesto, se realiza un análisis exploratorio donde se observan y registran tiempos, con el objetivo de identificar las causas de los principales problemas. En este proceso se detectan algunas actividades que no aportan al proceso, generando desperdicio de recursos como tiempo y dinero. De la misma forma, se analizan los tiempos de los procesos y se propone una estandarización de los mismos, en los casos en los que es posible hacerlo, con el fin de mejorar el tiempo total de producción de los productos para poder usar dicha variable que se pueda analizar posteriormente en el trabajo.

Finalmente, se implementa un modelo, donde se evalúan diferentes escenarios sin incurrir en gastos excesivos, sin interrumpir las operaciones de la empresa y evitar riesgos. Con esto, se podrá proponer posibles soluciones y planes de mejoramiento en pro del adecuado funcionamiento del área de producción, para mejorar los márgenes de utilidad de la empresa.

2. TEORÍA/METODOLOGÍA

2.1. Teoría

En la producción del snack se destaca el producto por la aplicación y ejecución de un Sistema HACCP, que fue creado sobre una base sólida de prerequisites de Buenas Prácticas de Manufactura (GMP) y Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES). El sistema HACCP tiene el objetivo de identificar los peligros relacionados a la inocuidad para el consumidor, que pueden ocurrir en la línea de producción, estableciendo procesos de control para garantizar un producto inocuo al consumidor [16].

Por su parte, la planta tiene documentado un procedimiento de buenas prácticas de manufactura-disposiciones, en el que se detallan las condiciones higiénicas sanitarias del establecimiento, higiene del personal, control del proceso de elaboración, almacenamiento, transporte del producto final y control de plagas, entre otros [17].

Sin embargo, aún se observa en la empresa procesos realizados de forma manual, como por ejemplo, el proceso de empacado, por lo que es posible que esto sea una razón im-

portante en las diferencias del peso del producto final, por lo que convendría mirar opciones de tecnificado en algunos de los procesos que se desarrollan en la empresa, ya que se puede observar en diferentes estudios que dicha tecnificación aumenta la producción de las empresas que la implementan [17–21].

Dentro de la teoría administrativa se puede decir que las empresas han centrado sus esfuerzos en aumentar sus ingresos y al mismo tiempo disminuir sus costos, generando como consecuencia la proyección en aumentos de productividad que son sumamente importantes para el desarrollo de una comunidad, sociedad o país. A su vez, para que una organización proyecte y dirija sus esfuerzos hacia un éxito financiero, que además garantice su permanencia en el mercado, es importante que estas centren su atención en la mejora continua de los diferentes procesos que se llevan a cabo, siempre y cuando estos cumplan los requerimientos internos, estándares de calidad fijados, trabajo en equipo como un principio fundamental y que logren satisfacer las expectativas y necesidades de sus principales clientes potenciales [22].

Por lo anterior, cuando una organización se traza una serie de objetivos puede lograrlos a través de diferentes herramientas de apoyo como maquinaria, herramientas manuales y tecnológicas, pero cuando se trata de observar, prevenir y verificar un proceso, lo pueden visualizar a través de herramientas de modelado de sistemas, esto con base en las facilidades de costo, tiempo y oportunidades de resultados que estas ofrecen al momento de ser utilizadas [22]. Puntualmente, para este estudio se implementa un modelo de simulación, método usado para acercarse a la realidad, es la operación de un modelo el cual es la representación de un sistema [23]. Para este estudio, específicamente se usa simulación de eventos discretos [24], este tipo de modelos pueden sujetarse a manipulaciones o cambios que serían imposibles de realizar en la realidad por ser costosos o demasiado complejos de realizar, además puede estudiarse el comportamiento real de un sistema.

De esta forma, para este estudio es importante la teoría del área de procesos estocásticos y uno de sus tópicos importantes

como lo es la teoría de colas, esto debido a la que la mayoría de procesos, sean productivos o de servicios, sufren un comportamiento de espera debido a las llegadas de clientes o demandas, esperas de atención en una cola y salidas posteriores a través de la atención de unos servidores [24]. Asimismo, un sistema de colas se puede describir cómo un conjunto de “clientes” que llega a un sistema buscando un servicio, esperan y abandonan el sistema, una vez han sido atendidos. En algunos casos se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan de esperar. El término “cliente” se usa con un sentido general y no implica que sea un ser humano, puede significar piezas esperando su turno para ser procesadas [25].

Dentro de las características básicas que debe tener una cola en la simulación de eventos discretos están: patrón de llegada de los clientes, patrón de servicio de los servidores, disciplina de cola, capacidad del sistema, número de canales de servicio, número de etapas de servicio. Estas características son fundamentales al momento de describir adecuadamente un sistema de colas [25].

2.2. Metodología

A razón de encontrar el problema de producción en la empresa, se realizó una encuesta a los 11 empleados vinculados al proceso de producción, ya que estos rotan frecuentemente y conocen todas las áreas y subprocesos. Por tanto, estos pueden proporcionar posibles causas que tienen como resultado tiempos de espera prolongados. La encuesta consistió en 2 ítems: el primer ítem era el tiempo de permanencia en la empresa y el segundo ítem radicaba en una pregunta puntual, ¿Cuál de los siguientes problemas cree usted que se está generando con mayor frecuencia en el proceso de producción? Con la información obtenida se puede afirmar que el 55% de los encuestados creen que el principal problema es la acumulación de materia prima y un 27% que el problema radica en la variación del peso del producto terminado.

De esta forma, según estos datos, se puede asegurar que más del 80% de los problemas en el área de producción radican en la acumulación de materia prima y la variación del peso

Tabla 1. Variables del modelo.
Table 1. Model variables.

Nombre de la variable	Variables
Variables exógenas	Llegada materia prima Tiempo de recolección Tiempo de transporte Tiempo de pesado Tiempo de selección Tiempo de cocción
Variables endógenas	Número de kilos de maní en el sistema Cantidades agregadas: cantidad de insumos que se agregan en el proceso de cocción (1 litro de agua, 1200 gramos de azúcar y 2 kilogramos de maní)
Variables de estado	Tiempo promedio de permanencia de maní en cola Cantidades de maní en cola (g).
Variables de desempeño	Cantidades de maní empacados Cantidad desechada Porcentaje de ocupación de los recursos

del producto terminado. Posteriormente se habló con el jefe de producción el cual expresó, que la acumulación de materia prima entre los subprocesos podría ser una causa de las demoras que se presentan durante todas las actividades de la producción de snack como el proceso de pesado y selección del snack, la cocción, enfriamiento y empaclado entre otros.

De acuerdo con lo expuesto, los problemas en el proceso de producción de la empresa MANÍ son, las demoras que se presentan entre las diferentes actividades del proceso de producción de maní dulce y salado, especialmente en el subproceso de empaclado, en el cual se ha podido evidenciar que se genera una acumulación de materia prima que, tiene como consecuencia los retrasos en la transición al proceso de almacenamiento y distribución.

Por otra parte, se observan variaciones significativas en la conformación del peso del producto, lo que a su vez ocasiona que el producto terminado tenga exceso o escasez de snack. Por lo que se puede deducir que no se está cumpliendo con los límites de especificación establecidos por la empresa.

2.2.1 Definición de variables

Después de analizar los procesos en la producción de la empresa, se determinan las siguientes variables las cuales intervienen de manera significativa en dicha producción, estas se pueden visualizar en la tabla 1 mostrada a continuación.

2.2.2 Modelo

Debido a que el mayor problema de la empresa es la acumulación de materia prima entre las diferentes actividades, especialmente en el proceso de empaclado el cual genera tiempos de espera prolongados, se hace necesario desglosar cada una de las actividades relevantes para dicho proceso, a continuación, se muestran cada una de estas y una breve descripción.

Llegada de materia prima: la empresa se provee de materia prima cada mes, esta es almacenada temporalmente en una bodega hasta que se requiera en el proceso de producción.

Recolección inicial: hace referencia a la primera recolección de la materia prima necesario para iniciar el proceso productivo de un día.

Pesado de materia prima: desde la tolva de almacenamiento se fracciona en recipientes de plástico, tres kilogramos de materia prima en cada uno.

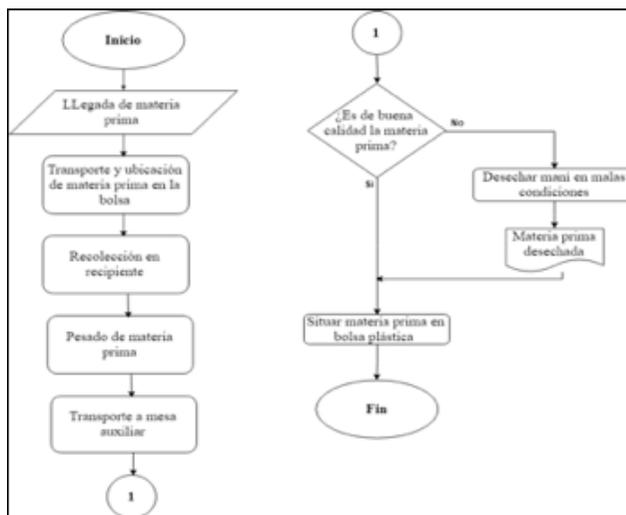
Selección: luego en cada recipiente se selecciona la materia prima conforme a los estándares de calidad para ser empaclado en bolsas y transportarse a las mesas auxiliares; la materia prima que no cumple con los estándares de calidad se desecha.

Transporte: para esta actividad primero se debe tomar la decisión que tipo de snack se va a transportar; si se requiere maní dulce, se transporta hacia el área de cocción, por el contrario, si se requiere maní salado, éste se transporta hacia el área de lavado. Por lo tanto, esta actividad divide

el modelo de simulación en dos rutas: ruta dulce y ruta salado.

A continuación, en la figura 1 se muestra mediante un diagrama de flujo las actividades mencionadas anteriormente, el cual representa el bosquejo del modelo de simulación realizado.

Figura 1. Diagrama de flujo preparación de la materia prima del proceso de producción.
Figure 1. Flow diagram preparation of the raw material of the production process.



En cuanto al proceso de maní dulce se realizan las siguientes actividades:

Vertimiento en ollas: se vierte en las ollas el maní (2 kilogramos), el azúcar (1,2 kilogramos) y el agua (1 litro).

Endulzamiento: en esta tarea se realiza la mezcla de los ingredientes vertidos hasta obtener el maní caramelizado. Posteriormente es transportado a las mesas de empaque, con el fin de comenzar su etapa de enfriamiento y separación (debido a que al azúcar hace que el maní se pegue y deba ser separado).

Lavado: en esta actividad se realiza el lavado del maní, en este proceso, como en el proceso de ruta dulce, se selecciona en grupos de tres kilogramos para tener un lavado adecuado del maní.

Salado: posterior al lavado, se le agrega la sal al maní, haciendo movimientos circulares con el fin de lograr la homogenización de la sal en el producto y finalmente ser transportado a las mesas de empaque.

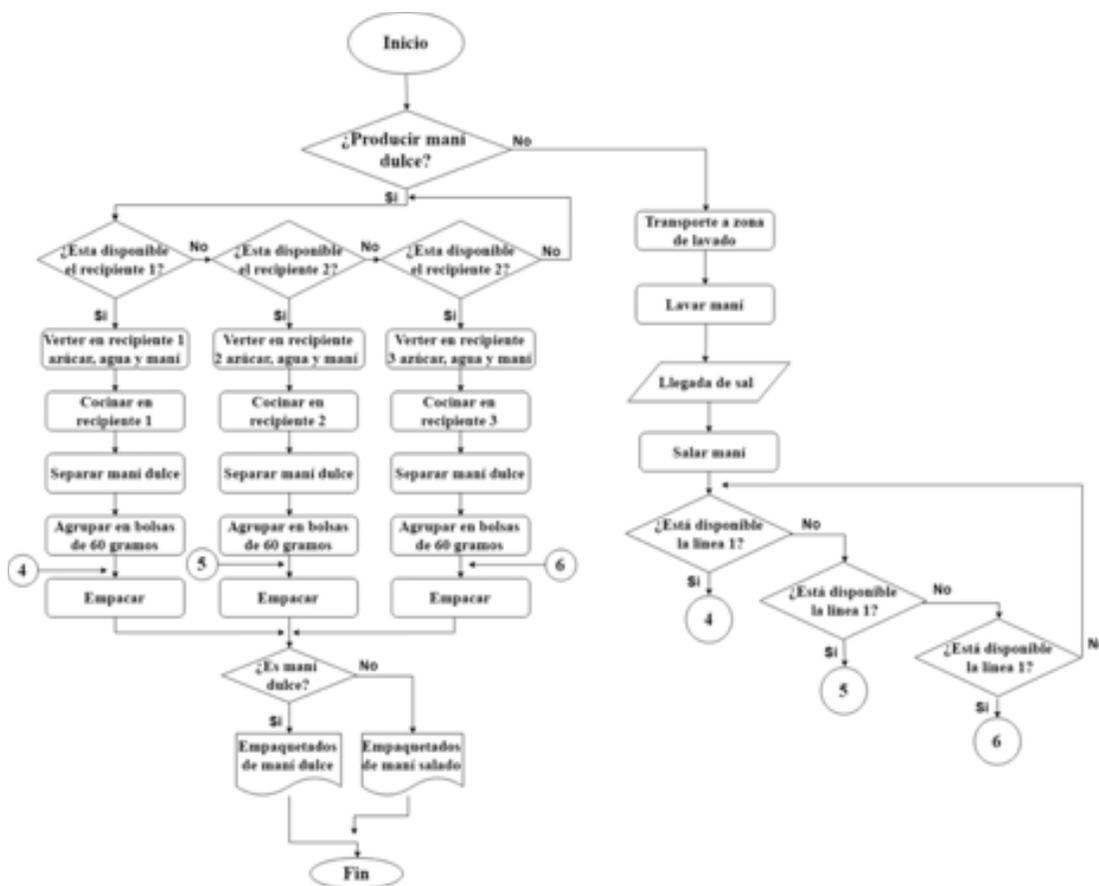
Para el proceso de lavado y salado se cuenta con un empleado (el mismo de pesado y selección).

Empaque: esta actividad es realizada por tres empleados, consiste en empaclar el producto en bolsas plásticas de 60 gramos. En el modelo: proceso agrupar (figura 4).

Almacenamiento de producto terminado: finalmente, se recolecta el producto empaclado en grupos de 20 empaques, de 60 gramos cada uno, en bolsas para ser distribuidos a los clientes.

A continuación, en la figura 2 se muestra una representación gráfica del sistema de producción de maní mediante el bosquejo de un modelo de simulación realizado en el soft-

Figura 2. Diagrama de flujo de elaboración de maní.
Figure 2. Flowchart of peanut processing.



ware Simul8, donde se relacionan todas las actividades mencionadas anteriormente.

En la figura 2 se evidencia mediante el bosquejo del modelo de simulación, las actividades correspondientes a la ruta de maní dulce.

2.2.3 Recopilación y modelado de datos

Se realizó la toma de datos mediante un análisis de observación y exploratorio de las líneas del proceso de producción, toda la información recopilada fue medida en minutos e igualmente fue suministrada por parte de la organización a través de visitas a la compañía. Para realizar el ajuste de la distribución correspondiente a cada una de las variables se hizo lo siguiente:

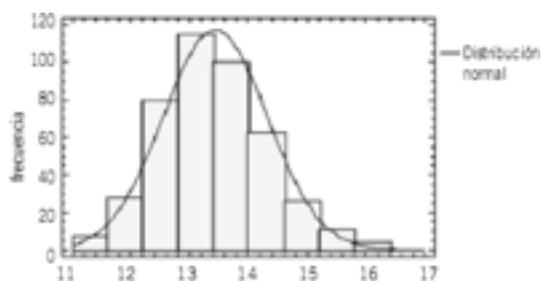
Inicialmente las variables llegada de materia prima, tiempo de recolección en recipiente, tiempo de transporte mesa auxiliar, tiempo de pesado, tiempo de transporte, tiempo de agrupamiento y tiempo de salado, se ajustaron a una distribución promedio, debido a la limitación de obtener una cantidad significativa de datos.

Posteriormente la variable tiempo de cocción se ajustó a una distribución uniforme con un límite inferior de 25 minutos y superior de 30 minutos. Seguido a esto, para las variables tiempo de empaque y tiempo de separado, se aplicó

una distribución empírica, ya que estas no se ajustaron a una distribución definida; donde a cada una de estas variables se le asignó varios valores dependiendo de su probabilidad de ocurrencia, a modo de ejemplo para la variable tiempo de empaque el valor de 60,1 tiene una probabilidad de ocurrencia del 10%, 61 una probabilidad del 10% y así sucesivamente para diferentes valores de esta variable.

Finalmente, para las demás variables se utilizó la herramienta Statgraphics [23], específicamente para la variable tiempo de selección se ingresaron una serie de datos y a través de un estudio descriptivo en la herramienta, se halló que esta variable se asemeja a una distribución normal como se puede observar en la figura 3.

Figura 3. Distribución de las variables del modelo.
Figure 3. Distribution of the variables in the model.



A continuación, en la tabla 2 se consolida las distribuciones para cada una de las variables utilizadas en esta simulación.

Tabla 2. Distribución ajustada de las variables en la simulación.
Table 2. Adjusted distribution of the variables in the simulation.

NOMBRE DEL DATO	FORMA EN QUE SE REALIZÓ LA MEDICIÓN	DISTRIBUCIÓN AJUSTADA O VALOR FIJO (MINUTOS)	
		Valor de la variable	Valor P
Tiempo entre llegadas del maní	Tiempo obtenido mediante visitas a la empresa y toma de datos (análisis observacional)	Promedio = 1	0,056
Tiempo de recolección en recipiente	Toma de datos y ajuste a una distribución	Promedio = 0,333	0,215
Tiempo de transporte a mesa auxiliar	Tiempo obtenido mediante visitas a la empresa y toma de datos (análisis observacional)	Promedio = 0.5	0,089
Tiempo de pesado	Toma de datos y ajuste a una distribución	Promedio = 0.5	0,058
Tiempo de selección del maní	Toma de datos mediante visitas y análisis observacional del proceso	Distribución normal $\mu=13$ $\sigma=0,5$	0,159
Tiempo de transporte	Toma de datos y ajuste a una distribución	Promedio = 0,5	0,065
Tiempo de vertimiento	Número brindado por la administración	Distribución normal $\mu=0,5$ $\sigma=0,025$	0,178
Tiempo de cocción	Número brindado por la administración	Distribución uniforme A=25 B=20	0,367
Tiempo de agrupamiento	Toma de datos mediante visitas y análisis observacional del proceso	Promedio= 0,1	0,245
Tiempo de lavado	Número brindado por la administración	Distribución normal $\mu=0,02$ $\sigma=0,04$	0,056
Tiempo de salado	Número brindado por la administración	Promedio= 1,333	0,087

2.2.4 Conceptualización del modelo

La elaboración del modelo se realizó mediante el software simul8, haciendo uso de toda la información suministrada en la conceptualización del modelo y la recopilación de los datos. Se definió simular una semana con una jornada de ocho horas desde las 6:00 a.m., hasta las 2:00 p.m., jornada de horario laboral con la cual se trabaja en la empresa.

Con respecto a los recursos se distribuyeron en cada uno de los servidores para realizar sus respectivas actividades en el proceso. Un empleado realiza las actividades de recolección en recipiente, transporte mesa auxiliar, pesado, selección del maní, transporte al lavado, lavado y salado. Adicionalmente en las actividades de empaquetado hay tres empleados, cualquiera de ellos realice esta actividad según su disponibilidad, igualmente para los cocineros.

2.2.5 Verificación

En este trabajo, se verificó la correcta estructura del modelo enfatizando en dos ítems puntuales, que permitirán confirmar si el modelo corre y arroja los resultados apropiados, estos ítems son:

Cambios pequeños y consistencia: Primero se generaron corridas pequeñas, tomando una llegada mínima de materia prima y con esto verificar si el modelo se comporta de manera lógica y consistente; así se configuraron las entradas de materia prima (maní) para que llegaran 5 kilos en un día y analizar cómo se distribuye los porcentajes y las cantidades de maní en todo en modelo.

Dado lo anterior, se observa que el maní entrante se distribuyó por todo el proceso productivo, se repartió tanto en las salidas como en las colas, además se observa que algunas cantidades se perdieron en algunos procesos, pero esto es normal dada la naturaleza del proceso de producción de la empresa.

Por otro lado, se realizó una prueba con una llegada grande de maní de 1000 kilos al día, donde se evidenció que los porcentajes de desperdicio y de producción se comportan como en el proceso real, así mismo el enrutamiento de la materia prima y los productos se hace de forma adecuada, ya que se observa que se el modelo representa fielmente la realidad.

2.2.6 Validación

Para realizar la validación se tuvo en cuenta datos estimados y suministrados por la empresa. De acuerdo con esta información, la producción diaria del maní en la compañía es de 1000 a 1600 paquetes de 60 gramos de maní, entre maní salado y dulce siendo este último el que se produce en mayor cantidad, debido a su demanda en el mercado, datos que se observan en el modelo.

Finalmente se observa que, de acuerdo con los valores arrojados y los datos suministrados por la empresa, la similitud del modelo con el proceso real de forma general, tanto en su proceso de producción como en el problema planteado por lo que se puede afirmar que este modelo puede ser usado como objeto de estudio en la problemática tratada.

En este orden de ideas, para comprobar la sensibilidad del modelo, inicialmente se aumentó la llegada de materia prima,

en una cantidad significativa para así estudiar la capacidad de las actividades respecto al incremento de la demanda, y se evidenció que la cola de la selección del maní aumentó como se observa en la Tabla 3, lo que se puede argumentar como una demora en la selección de la materia prima, cabe resaltar que las variables mostradas en dicha tabla son las que más se afectaron en el modelo.

Tabla 3. Análisis de sensibilidad de variables del modelo.
Table 3. Sensitivity analysis of model variables.

Parámetro	Valor actual	Valor después del cambio
Cola selección del maní	0	285 kilos
Cola de olla	10 kilos	37 kilos
Cola de empaque	115 gramos	136 gramos
Porcentaje de trabajo de Selección maní	55,23%	79,42%
Tiempo promedio en cola de selección de maní	14,96 minutos	86,98 minutos
Tiempo promedio en cola de olla	34,82 minutos	49,24 minutos
Tiempo promedio en la cola de empaque	13,95 minutos	16,44 minutos

Por otro lado, en los resultados se evidencia el aumento del tiempo en algunos de los procesos de producción como son la cola de cocción y la cola de empaque, debido al aumento de la materia prima como se observa en la tabla 3, aumentos que son normales en el proceso de producción donde se observa en aumento de unidades empacadas.

Posteriormente se disminuyeron el número de recipientes pasando de tres a uno, además, se cambiaron los porcentajes de producción de maní dulce y salado, a estos cambios se observó que la producción diaria disminuyó, ya que se pasó de producir 1292 y 288 paquetes de maní dulce y salado respectivamente a 935 y 510 paquetes.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como objetivo principal se pretende disminuir las colas del proceso de empacado y agrupado, por ende, en la Tabla 4, se proponen tres diferentes escenarios los cuales pueden aportar una posible solución al problema principal, escenarios para los cuales se hicieron 30 corridas en cada uno para un día de 8 horas.

Tabla 4. Escenarios de solución.
Table 4. Solution scenarios.

N°	Escenario propuesto	Hipótesis nula	Hipótesis alternativa
1	Adicionar un empleado más en la actividad de empaque, una actividad más de empaque.	La cola de empaque disminuye al asignar un puesto de trabajo más.	La cola de empaque sigue igual al asignar un puesto de trabajo más.
2	Programar a los empleados a que cumplan con las tareas que se requieran. Estas tareas son las siguientes: separado, agrupado y empacado.	La cola del agrupado disminuye al aprovechar a todos los empleados	La cola del agrupado permanece igual al aprovechar a los empleados.
3	Comprar una máquina, la cual se encargue de empacar los paquetes de maní a razón de 120 paquetes en un 1 minuto y con esto redistribuir a los empacadores en otras actividades.	La cola de empaque disminuye al tecnificar el proceso de empacado.	La cola de empaque permanece igual al tecnificar el proceso de empacado.

A continuación, se presentan los resultados que arrojaron las simulaciones de cada escenario.

3.1 Escenario 1

Tabla 5. Resultados escenario 1.
Table 5. Results scenario 1.

Parámetro	Valor actual	Valor con cambio	Variación porcentual (%)
Cola de agrupado	2060 g	1680 g	-18,44
Cola de empacado	3 empaques	3 empaques	0
Tiempo promedio en cola agrupado	4,95 min	6,46 min	30,50
Tiempo promedio en cola empacado	2,76 min	1,91 min	-30,79
Número de unidades promedio producidas dulce	1245 empaques	995 empaques	-20,08
Número de unidades promedio producidas salado	333 empaques	188 empaques	-43,54

Como se puede observar en la tabla 5 la cola de empacado no disminuye y se rechaza la hipótesis nula, es decir, el incremento de un recurso en la actividad de empaque no influyó en que se agilizará el proceso, además se observa que la producción de maní disminuye en un 20,08% en unidades producidas de maní dulce y 43,54% de maní salado.

3.2 Escenario 2

Tabla 6. Resultados escenario 2.
Table 6. Results scenario 2.

Parámetro	Valor actual	Valor con cambio	Variación porcentual (%)
Cola de agrupado	2060 g	2000 g	-3
Cola de empacado	3 empaques	40 empaques	12,35
Tiempo promedio en cola agrupado	4,95 min	4,03 min	-18,58
Tiempo promedio en cola empacado	2,76 min	2,76 min	0
Número de unidades promedio producidas dulce	1245 empaques	1250 empaques	4,01
Número de unidades promedio producidas salado	333 empaques	333 empaques	0

En la tabla 6 se detalla que la cola del agrupado disminuyó en 3% y no se rechaza la hipótesis nula, es decir, que la colaboración entre los recursos en las actividades de separado, agrupado y empaque, hizo que se agilizará el proceso. Además, el tiempo promedio en agrupado mejoró en un 18%. Por otro lado, se observa que la producción de maní aumenta en un 4,01% en unidades producidas de maní dulce.

3.3 Escenario 3

Tabla 7. Resultados escenario 3.
Table 7. Results scenario 3.

Parámetro	Valor actual	Valor con cambio	Variación porcentual (%)
Cola de agrupado	2060 g	No aplica	No aplica
Cola de empaçado	3 empaques	0 empaques	12,33
Tiempo promedio en cola agrupado	4,95 min	No aplica	No aplica
Tiempo promedio en cola empaçado	2,76 min	0,59 min	-78,72
Número de unidades promedio producidas dulce	1245 empaques	1731 empaques	39,03
Número de unidades promedio producidas salado	333 empaques	401 empaques	20,42

A su vez, se observa en la tabla 7 que la cola del empaçado disminuyó por lo que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, al automatizar el proceso este se agiliza significativamente porque el tiempo promedio en empaçado mejoró 78,72%. Por otro lado, la producción de maní aumenta en un 39,03% en unidades producidas de maní dulce y 20,42% de maní salado.

Con base en los resultados obtenidos en los diferentes escenarios planteados se hacen las siguientes recomendaciones:

Aumentar 1 empleado para la actividad de empaque en temporadas en las cuales la demanda sea significativamente mayor. Aunque esto repercute en costos que genera un empleado de más, se observa que no aumenta la producción y por ende disminuye las utilidades, las colas se reducen al igual que el stock o el material que se acumula para el siguiente día.

$$\text{Productividad} = \frac{(\text{Unidades producidas} * \text{Precio de venta})}{(\text{Gasto en Mano de Obra} + \text{Costos de Materia Prima} + \text{Costos de instalación})} \quad (1)$$

$$\text{Productividad} = \frac{(1183 * 1000)}{(8 * 39062 + 400000 + 100000)} = 1,45 \quad (2)$$

Adquirir una máquina que realice el proceso de empaque puede ser una solución muy efectiva en cuanto a tiempos, debido a que los trabajadores pueden ser redistribuidos en otras zonas de la línea de producción.

$$\text{Productividad} = \frac{(2132 * 1000)}{(7 * 39062 + 400000 + 100000)} = 2,75 \quad (3)$$

La asignación de actividades variadas a los empleados dependiendo la tarea que se requiera, es una opción, que aunque es buena, no mejora significativamente el proceso de producción de maní. Sin embargo, se podría implementar en algunas ocasiones como casos que requieran alguna contingencia.

$$\text{Productividad} = \frac{(1538 * 1000)}{(7 * 39062 + 400000 + 100000)} = 2,046 \quad (4)$$

4. CONCLUSIONES

Una vez se ha concluido el trabajo investigativo y tras realizar un diagnóstico por medio de simulación discreta, se puede afirmar que el principal problema que afecta al proceso de producción es la acumulación de materia prima en el proceso de empaçado, generando variación en el peso de cada paquete que va al consumidor final. A su vez, se observa que, según los escenarios propuestos en el modelo se evidencian mejoras en los porcentajes de utilización como en los tiempos promedios de cola de algunas actividades, sin embargo, hubo situaciones en que se afectaron las variables respuesta del modelo, como en el caso del escenario 1 (contratar a un nuevo empleado) donde disminuyeron significativamente las unidades producidas ya que se afectan en un 20,08% en las unidades de maní dulce y en un 43,54% en las unidades de maní salado.

Igualmente se observa que, al comparar la productividad de cada escenario, se evidencia que el mayor aumento en la producción es la correspondiente al escenario 3, donde se propone automatizar el proceso de empaque, debido a que la producción de maní aumenta en un 39,03% en unidades producidas de maní dulce y 20,42% de maní salado.

Por otra parte, cabe decir que el proceso de automatización conlleva un monto importante de dinero el cual debe considerar la empresa en asumirlo, para esto, debe analizar la factibilidad económica del momento y los posibles beneficios que obtendrá a futuro, además de los gastos de mantenimiento de la maquinaria y el periodo de acomodo de los primeros meses mientras dicha automatización arroja los resultados esperados.

De acuerdo con lo mostrado y según los resultados del modelo inicial, se observa que la empresa tiene una productividad de 2,04, es decir, por cada peso diario en recursos utilizados se está obteniendo 2.04 pesos de ganancia, por lo que se puede afirmar que el negocio de la empresa es rentable en la ciudad donde realiza su actividad económica, por tanto, se puede afirmar que la empresa podría considerar la inversión en la automatización de sus procesos de producción.

REFERENCIAS

- [1] M. Leal *et al.*, "Tamaño de la porción e ingesta alimentaria, 'Porciones Controladas,'" *Actual. en Nutr.*, vol. 12, no. 1, pp. 50–59, 2011.
- [2] A. K. Kant, "Eating patterns of US adults: Meals, snacks, and time of eating," *Physiol. Behav.*, vol. 193, no. 1, pp. 270–278, 2018.
- [3] B. L. Jones, "Making time for family meals: Parental influences, home eating environments, barriers and protective factors," *Physiol. Behav.*, vol. 193, no. 3, pp. 248–251, 2018.
- [4] R. D. Mattes, "Snacking: A cause for concern," *Physiol. Behav.*, vol. 193, no. February, pp. 279–283, 2018.
- [5] J. M. Hess and J. L. Slavin, "The benefits of defining 'snacks,'" *Physiol. Behav.*, vol. 193, no. September 2017, pp. 284–287, 2018.
- [6] C. The Nielsen, "Los Snacks para los Colombianos," 2014. [Online]. Available: <https://www.nielsen.com/co/es/insights/news/2014/snacks-colombianos.html>. [Accessed: 12-May-2018].

- [7] Revista Dinero, "El millonario negocio de los alimentos de paquete," 2016. [Online]. Available: www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/el-millonario-negocio-de-los-alimentos-de-paquete-en-colombia-2016/222955. [Accessed: 25-Jul-2018].
- [8] A. Borshchev and A. Filippov, "Borshchev_Filippov," *Simulation*, vol. 66, no. 11, pp. 25–29, 2004.
- [9] C. Baril, V. Gascon, J. Miller, and N. Côté, "Use of a discrete-event simulation in a Kaizen event: A case study in healthcare," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 249, no. 1, pp. 327–339, 2016.
- [10] W. Budgaga, M. Malensek, S. Pallickara, N. Harvey, F. J. Breidt, and S. Pallickara, "Predictive analytics using statistical, learning, and ensemble methods to support real-time exploration of discrete event simulations," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 56, pp. 360–374, 2016.
- [11] B. P. Zeigler and A. Muzy, "From Discrete Event Simulation to Discrete Event Specified Systems (DEVSS)," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 3039–3044, 2017.
- [12] G. E. Vieira, M. Kück, E. Frazzon, and M. Freitag, "Evaluating the Robustness of Production Schedules using Discrete-Event Simulation," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 7953–7958, 2017.
- [13] A. M. C. Guimarães, J. E. Leal, and P. Mendes, "Discrete-event simulation software selection for manufacturing based on the maturity model," *Comput. Ind.*, vol. 103, pp. 14–27, 2018.
- [14] C. A. Barrera-Díaz, J. Oscarsson, S. Lidberg, and T. Sellgren, "Discrete Event Simulation Output Data-Handling System in an Automotive Manufacturing Plant," *Procedia Manuf.*, vol. 25, no. May, pp. 23–30, 2018.
- [15] K. P. Lin, M. L. Wang, Y. Hong, Y. Yang, and J. X. Zhou, "Discrete event simulation of long-duration space station operations for rapid evaluation," *Aerosp. Sci. Technol.*, vol. 68, pp. 454–464, 2017.
- [16] Globalstd, "Sistema HACCP," 2009. [Online]. Available: www.globalstd.com/certificacion/sistema-haccp. [Accessed: 25-Jul-2018].
- [17] OLEGA, "Maní crudo," 2009. [Online]. Available: <http://www.olega.com.ar/index.php/es/productos/mani/mani-crudo>. [Accessed: 11-May-2018].
- [18] K. Cronin, J. Fitzpatrick, and D. McCarthy, "Packaging strategies to counteract weight variability in extruded food products," *J. Food Eng.*, vol. 56, no. 4, pp. 353–360, 2003.
- [19] K. Cronin, "Methodology for investigation into alternative packaging methods for column wrapped biscuits," *J. Food Eng.*, vol. 39, no. 4, pp. 379–387, 1999.
- [20] El Holandés picante, "¿Cómo se cultiva el maní?," 2018. [Online]. Available: www.elholandespicante.com/plantas/como-se-cultiva-el-mani/. [Accessed: 11-May-2018].
- [21] Guía del emprendedor, "producción de Maní - Cultivar Maní," 2004. [Online]. Available: <http://www.guiadelemprendedor.com.ar/Mani.htm>. [Accessed: 13-May-2018].
- [22] Retos en Supply Chain, "Proceso de producción: en qué consiste y cómo se desarrolla," 2017. [Online]. Available: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-se-desarrolla/>. [Accessed: 12-May-2018].
- [23] A. Kusi, C. Narh Opata, and T.-W. John Narh, "Exploring the Factors That Hinder the Growth and Survival of Small Businesses in Ghana (A Case Study of Small Businesses within Kumasi Metropolitan Area)," *Am. J. Ind. Bus. Manag.*, vol. 05, no. 11, pp. 705–723, 2015.
- [24] U. Banks, J. Carson, J. S., & Nelson, B. L. (2000). *DM Nicol, Discrete-Event System Simulation*. Prentice hall Englewood Cliffs, NJ, USA, 2010.
- [25] J. Pedro, G. Sabater, and D. D. O. De Empresas, "Aplicando Teoría de Colas en Dirección de Operaciones," *Univ. politécnica Val.*, pp. 1–86, 2016.