




Modelo de simulación de eventos discretos para el análisis y mejora del proceso de atención al cliente

Discrete event simulation model for analysis and improvement of the customer service process

Duverney Heredia Acevedo , Yony Fernando Ceballos 
Universidad de Antioquia, Colombia
German Sánchez-Torres 
Universidad del Magdalena, Colombia

Open Access

Recibido:

18 de diciembre de 2019

Aceptado:

15 de abril de 2020

Publicado:

22 julio de 2020

Correspondencia:

gsanchez@unimagdalena.edu.co

DOI:

<https://doi.org/10.17081/invinno.8.2.3639>



© Copyright: Investigación e Innovación en Ingenierías

Resumen

Objetivo: Diseñar y desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos para el proceso de atención del cliente de una Pyme dedicada al negocio de la comida rápida con el fin de conducir experimentos direccionados a comprender el comportamiento del sistema y evaluar estrategias de optimización. **Metodología:** El procedimiento se clasifica en cuatro etapas: (I) Análisis de la empresa y definición del problema, (II) Descripción de procesos y contextualización de un modelo, (III) Generación del modelo preliminar, verificación, validación y análisis de sensibilidad, (IV) Análisis de resultados y propuestas de mejoramiento. **Resultados:** El modelamiento realizado permitió sugerir una serie de optimizaciones para los procesos y de la Pyme analizada, que resultarían en la reducción de los tiempos de espera en la venta de bebidas, pizzas y otros productos. **Conclusiones:** Se mostró que mediante herramientas como Simul8® es posible modelar con facilidad procesos, al igual que sugerir optimizaciones pertinentes para estos, si bien cabe anotar que la herramienta no es tan efectiva para el modelamiento de servicios.

Palabras claves: Simulación, procesos, Simul8®, optimización.

Abstract

Objective: To design and develop a discrete event simulation model for the customer service process of an SME dedicated to the fast food business to conduct experiments aimed at understanding system behavior and evaluating optimization strategies. **Methodology:** The procedure is classified in four stages: (I) Analysis of the company and definition of the problem; (II) Description of processes and contextualization of a model; (III) Generation of the preliminary model, verification, validation, and sensitivity analysis; (IV) Analysis of results and improvement proposals. **Results:** The modeling enabled us to suggest a series of optimizations for the processes and the analyzed SME, which would result in the reduction of waiting times in the sale of drinks, pizzas, and other products. **Conclusions:** It was proven that through tools such as Simul8®, it is possible to easily model processes and suggest relevant optimizations for them, although it should be noted that the tool is not as effective for service modeling.

Keywords: Simulation, processes, Simul8®, optimization.

Como citar (IEEE): D. Heredia - Acevedo., Y.F. Ceballos., y G. Sánchez-Torres, "Modelo de simulación de eventos discretos para el análisis y mejora del proceso de atención al cliente", Investigación e Innovación en Ingenierías, vol. 8, n° 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.8.2.3639>

Introducción

Actualmente, las empresas buscan mejorar procesos de producción o de servicios para incrementar ventas, reducir costos, disminuir inversiones en recursos, reducir tiempos, entre otras motivaciones [1,2]. Sin embargo, existen situaciones en las cuales es difícil o muy costoso observar ciertos cambios en procesos de la vida real [3]. En estos casos la simulación es una herramienta adecuada para dar solución a este tipo de problemas, ya que a través de ella se pueden estudiar estos cambios en la operación de un sistema, al hacer alteraciones en modelos que lo representan y observar los efectos de estas alteraciones en su comportamiento sin necesidad de experimentar en los procesos reales [4,5]. La empresa en estudio corresponde a una Pyme de Colombia dedicada principalmente a la elaboración de pizzas, hamburguesas, carnes y otros platos producidos en leña y al carbón [6,7]. Esta particularidad hace que su enfoque comercial esté orientado a las características propias de la producción bajo cocción en leña, lo que genera una característica de valor para sus clientes y una clara ventaja competitiva frente a sus competidores.

En este artículo, se abordan los problemas detectados en la empresa, específicamente, aquellos relacionados con aspectos que afectan directamente la satisfacción del cliente y la productividad, los cuales pueden originarse desde la técnica y tiempo de preparación de los productos, cantidad de servidores, tiempos de atención, entre otros aspectos. Lo que se quiere entonces, es obtener la comprensión completa del sistema e identificar variables endógenas y exógenas del mismo que puedan ser modeladas mediante simulación para realizar un conjunto de experimentos, en distintos escenarios, para analizar la relación de estas variables con la estimación de la satisfacción del cliente, empleando una técnica que permita evaluar cambios en el tiempo [8, 9, 10]. Finalmente, es deseable diseñar estrategias de mejoramiento que permitan mitigar las deficiencias encontradas, de tal manera que la empresa pueda disminuir costos y hacer sus procesos más eficientes.

Metodología

Planteamiento del problema

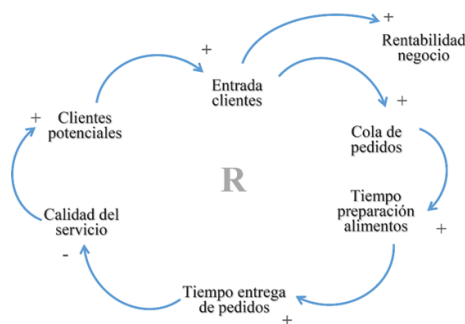
Después de realizar las visitas y de realizar un análisis general a cada uno de los procesos principales de la empresa, se encuentra que la empresa presenta principalmente problemas de demoras en tiempos de entrega en la mayoría de sus productos por el gran número de personas que acude al lugar. En la Figura 1, se presenta el diagrama causal del efecto de la relación de algunas variables presentes en el proceso de atención al cliente, empleando un diagrama de causa efecto [11, 12].

Descripción del proceso

La Figura 2 muestra el diagrama del Proceso de Servicio. En esta se describe el recorrido del cliente desde la llegada al establecimiento, pasando por la solicitud de mesa, esperas, toma de pedido, consumo, pago de factura, hasta la salida del cliente del lugar. Todos los procesos se llevan a cabo de manera secuencial, es decir, el comienzo de uno depende de la finalización del anterior.

El sistema de atención a los clientes inicia con la llegada de estos, posteriormente, hay un recibimiento por parte de los meseros los cuales toman el pedido de los clientes y hacen el requerimiento de este en la cocina para el inicio de su preparación. Cada pedido es llevado a la mesa respectiva conforme termina su preparación. Luego de que los clientes consumen el producto, se disponen a recibir la factura y a realizar el pago de esta para finalmente abandonar el establecimiento.

Figura 1. Diagrama causal proceso de atención al cliente



Fuente: Elaboración propia

Definición de variables

En todo modelo hay tres tipos de variables que deben considerarse: variables exógenas, de estado y endógenas [1, 7, 13].

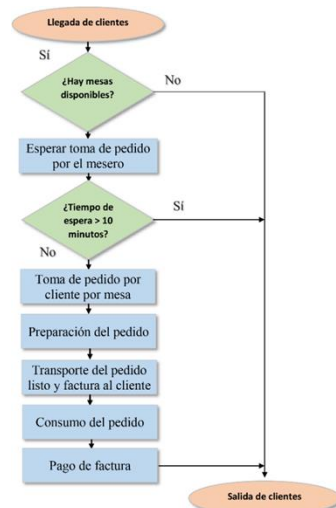
Exógenas: son variables independientes o de entrada del modelo las cuales actúan sobre el sistema, pero no reciben acción alguna de parte de él. Dicho de otro modo, estas variables son las variables externas que describen las actividades del medio ambiente y que afectan al sistema, pero no pueden ser controladas.

De estado: describen el estado de un sistema o uno de sus componentes, ya sea al comienzo, al final o durante un periodo.

Endógenas: describen las actividades que ocurren dentro del sistema (variables internas y dependientes). Representan la salida del sistema y son generadas por la interacción de las variables exógenas con las del estado.

La información de las variables involucradas en el modelo se presenta en la Tabla 1.

Figura 2. Diagrama del proceso de servicio al cliente



Fuente: Elaboración propia

Conceptualización del modelo

Como se mencionó anteriormente, el objetivo general del proyecto es realizar un análisis de las variables que afectan la calidad del servicio, el nivel y tiempo de atención prestado a los clientes con el fin de minimizar demoras y alcanzar una mayor eficiencia en la gestión del cliente [14].

El modelo conceptual busca representar el sistema relacionando las variables más importantes y observar el efecto entre ellas dependiendo de su buena o mala gestión. Finalmente, el modelo conceptual se realiza con toda la información proporcionada por la empresa y la obtenida a través de las visitas realizadas al establecimiento.

Recopilación y modelado de datos

Para el desarrollo del modelo se utilizaron ciertos datos de entrada de algunas variables. La distribución de probabilidad de estas variables fue estimada mediante el programa EasyFit [15]. La información respectiva se presenta en la Tabla 2.

Tamaño de muestra

Para poder contar con datos confiables y válidos de los cuales se puedan hacer inferencias, es de vital importancia calcular la población que será objeto de estudio (tamaño de muestra teórico). En este caso se considera un

nivel de confianza del 95% con un error permitido igual a 0.1. La desviación estándar y la media fue sustraída de la medición de datos, donde se tomaron 30 datos para intentar tener distribuciones normales, que son los tiempos en minutos de la duración de los procesos. La fórmula utilizada está descrita en la ecuación (1) y la información de los tamaños de muestra se presenta en la Tabla 3 [16, 17].

$$n = \frac{Z * \frac{\sigma}{\mu}}{e} \quad (1)$$

Elaboración de un modelo formal (Software Simul8®)

Para la simulación del sistema de atención en la empresa se analizan las variables que influyen sobre este y se procede a la realización de un modelo para ver su comportamiento en el Software Simul8® [18]. Este análisis se desarrolla mediante tres secciones.

Sección 1. Llegadas y toma de pedido

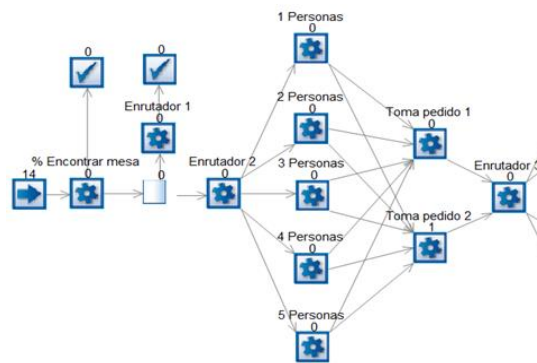
El proceso inicia con la llegada de los clientes al establecimiento, pero la estadía de ellos depende de la probabilidad de encontrar un lugar disponible, esta probabilidad es estimada experimentalmente y corresponde a un 93.33%. El proceso de atención al cliente se describe en la Figura 3. Las personas que no encuentran espacio salen inmediatamente del sistema, no se han reportado la presencia de casos de espera de disponibilidad. Cuando los clientes encuentran lugares libres pasan a ocupar uno de ellos y se ubican en condición de espera por el recibimiento de uno de los meseros. Cuando este tiempo de espera es mayor a aproximadamente 10 minutos las personas se incomodan y abandonan el sistema. Posteriormente, mediante el enrutador 2 se define si el cliente que ingresa es un conjunto de 1, 2, ..., o 5 personas ya que de esto depende la cantidad de productos que se van a preparar. El requerimiento de estos productos se realiza en las estaciones de toma de pedido uno y dos, la cual es llevada a cabo por cualquiera de los dos meseros. Se considera que el tiempo de atención de una mesa de cinco personas es equivalente al tiempo de atención de cinco mesas de una sola persona ya que este tiempo es, aproximadamente, proporcional.

Sección 2. Preparación y ensamble de productos

La sección 2 se describe en la Figura 4. Cuando se realiza la toma de pedido por parte de uno de los meseros, el enrutador 3 define el tipo de requerimiento de producto (ver Figura 8). Estos productos pueden ser

cuatro productos diferentes, compuestos de una bebida y una comida. Posteriormente, cada una de las comidas requeridas pasa a su respectiva espera de preparación mientras que las bebidas pasan a una sola espera común. Luego de la preparación de las comidas y las bebidas, estas se juntan nuevamente para formar los productos completos y pasar a la espera de ser llevados a las mesas correspondientes. En este punto es importante mencionar que la preparación de los productos está dividida entre dos cocineros, comidas y bebidas, respectivamente.

Figura 2. Proceso de atención al cliente (Sección 1)



Fuente: Elaboración propia (Software Simul8®)

Figura 4. Proceso de atención al cliente (Sección 2)



Fuente: Elaboración propia (Software Simul8®)

Tabla 1. Descripción de variables del proceso discriminadas por tipo

Variable	Tipo	Descripción
Tiempo entre llegadas al sistema	Exógena	Es el patrón estadístico mediante el cual se generan las llegadas de los clientes a través del tiempo
Tiempo de servicio en las diferentes estaciones	Exógena	Tiempo que transcurre desde el inicio del servicio hasta su terminación. Se divide en: Tiempo de toma de pedido. Tiempo de preparación de platos. Número de mesas existentes, depende de las siguientes variables de estado: Número de clientes en cola de preparación.
Número de mesas/clientes que hay en el sistema en cualquier instante	Estado	Número de clientes en cola de toma de pedido. Número de clientes consumiendo sus alimentos. Número de clientes en cola de cobro.
Tiempo que una orden permanece en una cola de preparación de alimentos	Estado	Tiempo transcurrido entre el requerimiento de un pedido y el tiempo de entrega.
Tiempo que una estación está inactiva, esperando la llegada de un cliente	Estado	Tiempo que transcurre cuando no se están realizando pedidos en la cocina o una toma de pedido por parte de un mesero.
Tiempo de permanencia de un cliente en el sistema	Estado	Es el tiempo que transcurre entre la llegada de una mesa y el momento en que esta misma abandona el establecimiento.
Número de personas insatisfechas que abandonan el negocio	Estado	Es la cantidad de personas que por motivos de una inadecuada atención como excesos en tiempos de espera abandonan en lugar.
Número de servidores en el sistema	Endógena	Es el número de servidores disponibles para atender los pedidos de las mesas y la preparación de los alimentos, se divide en cantidad de meseros, cocineros y pizzeros. Hace referencia a la capacidad de los equipos de preparación de los alimentos, se divide en:
Capacidad de maquinaria y equipo	Endógena	Capacidad parrilla hamburguesa. Capacidad de horno de pizzas. Capacidad parrilla de carnes.

Fuente: Elaboración propia

Sección 3. Entrega de pedido, consume y cobro

La entrega de los pedidos se realiza simultáneamente por cualquiera de los dos meseros y el tiempo que demora esta actividad incluye el tiempo de llevar el pedido hasta la mesa (T) y generar la factura correspondiente (F). Luego de la entrega de pedido, el cliente se dispone a consumir los alimentos y por último se presenta el proceso de cobro. Para poder llevarse a cabo el proceso de cobro se utilizó el enrutador 4, para juntar las personas que

hacen parte de una misma mesa de manera tal que solo se realice un pago por cada mesa y no por cada persona (ver Figura 5).

Tabla 2. Ajuste de datos de entrada a una distribución

Proceso	Distribución	Parámetros	
Entrada de clientes	Uniforme	Lim. Inferior: 6,1841	Lim. Superior: 15,333
Toma de pedido	Uniforme	Lim. Inferior: 0,4040	Lim. Superior: 9-1951
Preparación de Hamburguesa	Beta	$\alpha_1=0,6663$ $\alpha_2=0,7615$	Min: 4 Max= 13
Preparación de Pizza	Uniforme	Lim. Inferior: 12,874	Lim. Superior: 22,659
Preparación de Bebida	Pearson V	$\alpha=12,497$	$\beta=98,608$
Preparación de Punta	Beta	$\alpha_1=0,6606$ $\alpha_2=0,6098$	Min: 8 Max= 18
Preparación de Cañón	Uniforme	Lim. Inferior: 14,746	Lim. Superior: 34,457
Entrega de Pedido	Beta	$\alpha_1=0,6138$ $\alpha_2=0,6316$	Min: 0,27 Max= 0,41
Cobro	Beta	$\alpha_1=1,4107$ $\alpha_2=0,8167$	Min: 0,864 Max= 6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Tamaño muestra teórica

Proceso	#	Media	Desv.	Significancia	Error	Tamaño
	Datos	μ	estándar σ	(Z)	(e)	muestra n
Entrada de clientes	30	10,7	2,6149	1.96	0,1	5
Toma de pedido	30	4,8	2,5379	1.96	0,1	11
Preparación de hamburguesas	30	8,2	2,8815	1.96	0,1	7
Preparación de pizzas	30	17,766	2,8245	1.96	0,1	4
Preparación de bebidas	30	2,5282	8,5666	1.96	0,1	6
Preparación de punta	30	13,2	3,3155	1.96	0,1	5
Preparación de cañón	30	24,6	5,6908	1.96	0,1	5
Entrega del pedido	30	0,339	0,0467	1.96	0,1	3
Cobro	30	4,1666	1,3412	1.96	0,1	7

Fuente: Elaboración propia

Resultados

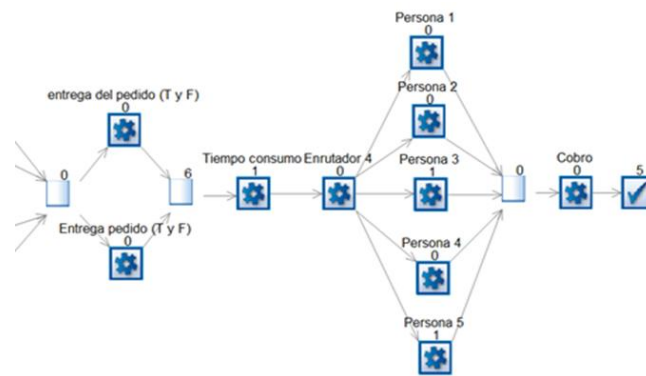
Verificación del modelo

El modelo que se realiza se debe verificar, pues éste debe evidenciar que aspectos como el funcionamiento, resultados y relaciones entre variables reflejen la lógica del sistema y se aproximen a la realidad [19, 20, 21]. Para esto se realizaron las siguientes pruebas:

Prueba de degeneración: consiste en probar el funcionamiento del modelo utilizando valores extremos con el fin de que este se comporte como se espera y siga siendo un modelo consistente, es decir que no pierda la capacidad de responder y representar el sistema. Para llevar a cabo esta prueba se ejecutó el modelo en dos situaciones diferentes, esto es utilizando los valores fijos 0 y posteriormente 0.05 a la distribución de las llegadas. Con esto, se espera que el modelo responda adecuadamente a tales valores.

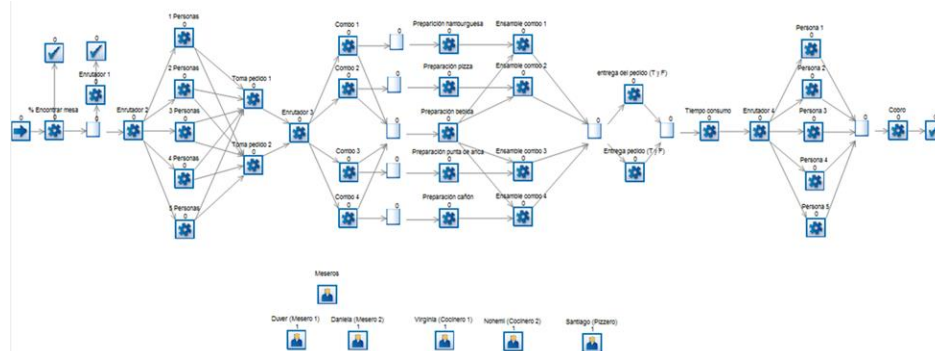
Prueba de continuidad: El desarrollo de esta prueba contiene el supuesto de que los cambios pequeños que se realizan en el modelo producen un cambio también pequeño en las salidas de este. Se encuentra que el modelo responde de manera eficiente a las pruebas anteriores por lo que representa de manera adecuada el comportamiento del sistema. Los resultados de las pruebas de degeneración pueden verse en las Figuras 6 y 7.

Figura 5. Proceso de atención al cliente (Sección 3)



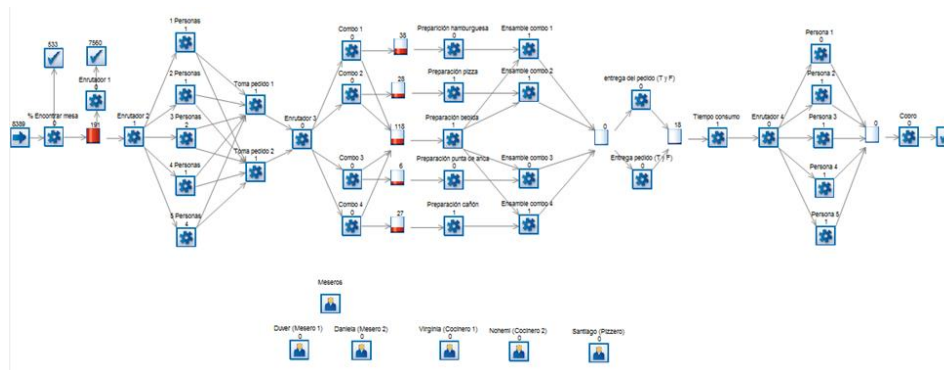
Fuente: Elaboración propia (Software Simul8®)

Figura 6. Prueba de degeneración (Fixed 0)



Fuente: Elaboración propia (Software Simul8®)

Figura 7. Prueba de degeneración (Fixed 0.05)



Fuente: Elaboración propia (software Simul8®)

Validación del modelo

Dado que los datos son extraídos de un sistema real, es necesario realizar una validación que genere confianza en los resultados, esto con el fin de poder determinar que el modelo es aceptable para poder inferir soluciones sobre este, que puedan ser ejecutadas en el sistema real [22, 23, 24, 25], para determinar si el modelo era una representación del sistema se utilizaron los siguientes métodos:

Intuición del experto: Acompañamiento del propietario en el proceso de recolección de datos y recorrido por el proceso de servicio y producción de los productos, por su experiencia en el negocio es considerada la persona ideal para cerciorarse de los resultados arrojados por el modelo de simulación. El experto considera que los datos son cercanos a la realidad y que a partir de ellos se pueden alcanzar mejoras para el desempeño de la empresa.

Comportamiento en el sistema real: El comportamiento real del sistema se tiene identificado en el histórico para ciertos problemas y soluciones que han sido considerados con anterioridad por el dueño en épocas de alto consumo, como es el caso de la inclusión de meseros, apoyo con maquinaria extra en producción, entre otras. La verificación consistió en recrear las situaciones que el dueño afrontó y de acuerdo con las medidas que él tomó, modificar las variables correspondientes en el modelo y comprobar que los resultados fueran parecidos.

Análisis de sensibilidad

Este análisis busca verificar las variables o parámetros que al ser cambiados generan mayores modificaciones en los resultados del modelo [21, 25, 26]. En el modelo realizado, se encontraron varios problemas que al igual en la realidad se presentan; estos problemas afectan el servicio al cliente, puesto

que genera mucho tiempo de espera por el pedido, en la tabla 4, mediante el diseño experimental se muestran alternativas razonables que la empresa puede implementar para mejorar los problemas existentes.

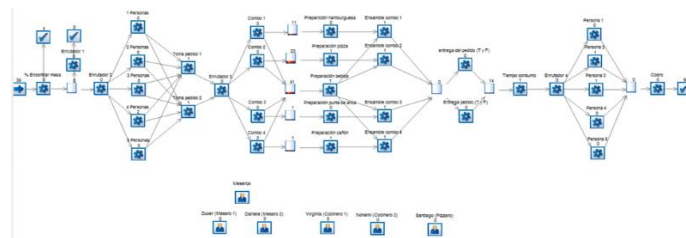
De los resultados anteriores se puede concluir que el modelo responde a valores extremos por lo que representa de manera adecuada el comportamiento del sistema. Esto debido a que en el primer caso (Fixed 0) no se esperaba el ingreso de algún cliente ni la generación de algún tiempo o momento en la atención, con lo que se pudo corroborar la hipótesis de que, al no haber fuente de entrada en el modelo, este no respondería con ejecución en los puestos de trabajo durante el tiempo de simulación. En el segundo caso (Fixed 0.05) se esperaba un aumento significativo en los valores del sistema. Se generó un número de entradas muy alto en un periodo de tiempo muy corto, como se esperaba la atención no fue suficiente para atender a los clientes por tanto estos salieron del sistema por superar su espera tolerable.

Después de la modificación propuesta, el promedio de pedidos en cola pasó de 22 a 2, y el número máximo de pedidos en cola pasó de 50 a solamente 2 bebidas.

Diseño experimental

En el modelamiento del estado actual de la empresa, se determinaron algunas situaciones que impedían la correcta eficiencia del proceso de servicio en un día de trabajo [27]. Dado que la intención del propietario es producir en los clientes una experiencia culinaria, además de obtener un buen rendimiento económico de su establecimiento, es adecuado utilizar la herramienta informática de la simulación para proponer alternativas de solución que sean factibles para el propietario. Esto se hizo a través del planteamiento de tres escenarios, los cuales se describen en la Tabla 5 y se presentan en las Figuras 8 a la 11.

Figura 8. Modelo de simulación del proceso de atención al cliente de la empresa (Estado inicial)



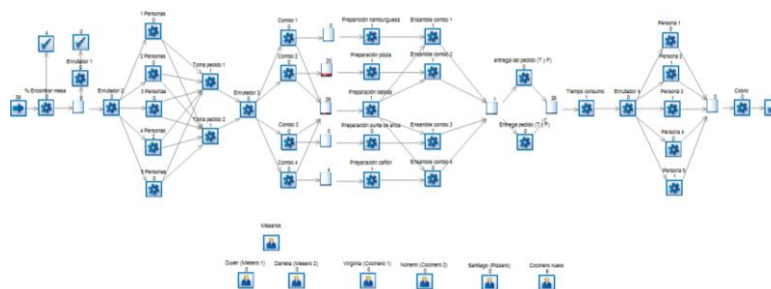
Fuente: Elaboración propia (Software Simul8®)

Tabla 4. Análisis de sensibilidad del modelo de simulación

Centro de trabajo	Actividad
	<p>1. Teniendo en cuenta que la frecuencia de pedir un mismo tipo de bebida es mucha en los días especiales, es preferible esperar a que se tengan tres bebidas del mismo tipo en cola y proceder a prepararlas juntas que hacerlas individualmente.</p> <p>2. Para solucionar la problemática que se presenta en este centro de trabajo, se propone realizar un estudio de métodos y tiempos, para proponer un método que agilice la preparación de bebidas, en este análisis se propone que sea en promedio 10 minutos por bebida.</p> <p>3. Paralelo entre pedidos en bebidas que se generan normalmente en días especiales VS pedidos que se realizan en días especiales con la modificación propuesta.</p>
Preparación de bebidas	Variable de estado: Número de clientes en cola de pedido (Preparación de bebidas en curso)
Preparación de hamburguesas	<p>Se propone una capacitación que mejore el tiempo de preparación de las hamburguesas, para esto se deja un tiempo promedio de 6 minutos de preparación para cada hamburguesa.</p> <p>El tiempo de preparación del horno es indispensable y es un dato que no se puede manipular fácilmente. Ya que el valor agregado se centra en que ofrecen pizza artesanal en leña y esta requiere obligatoriamente de un tiempo largo en el horno</p>
Preparación de pizzas	<p>iglé, se propone adquirir otro horno de este tipo, esto con el objetivo de agilizar el proceso de preparación de pizzas en leña, y agilizar la atención.</p>

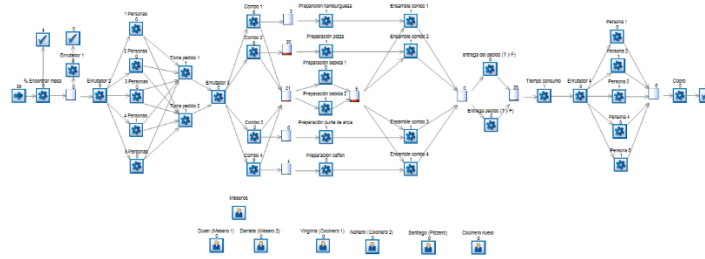
Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Modelo de simulación del proceso de atención al cliente de la empresa (Escenario 1)



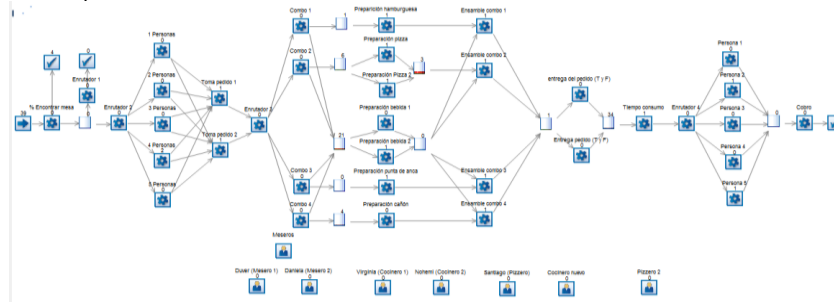
Fuente: Elaboración propia (Software Simul8®)

Figura 10. Modelo de simulación del proceso de atención al cliente de la empresa (Escenario 2)



Fuente: Elaboración propia (Software Simul8®)

Figura 11. Modelo de simulación del proceso de atención al cliente de la empresa (Escenario 3)



Fuente: Elaboración propia (Software Simul8®)

Ejecuciones

A continuación, se presenta la ejecución de los escenarios con las posibles mejoras planteadas en el numeral anterior, los escenarios no serán excluyentes entre sí dado que se considera que el mayor rendimiento para la pizzería sería implementarlos todos dado que los combos para ser servidos necesitan una combinación de preparación entre bebida y plato, también porque se encontró que una sola mejora por separado no cambia significativamente las demás variables del sistema.

Análisis de ejecuciones

En la ejecución del primer escenario, con la especialización del nuevo cocinero en las hamburguesas y otro solo en carnes, se encontró que la cola de espera por la preparación de esos productos se redujo drásticamente (hamburguesas de 11 a 0 y cañón de 7 a 4), permitiendo que los clientes esperaran menos por su pedido y mejorando su experiencia en el negocio. En el último escenario se observa que las colas en preparación de jugos y pizzas, al implementar las mejoras planteadas de un horno iglú con un nuevo pizzero se redujeron ambas colas (pizzas de 20 a 6 y bebidas ya preparados

de 5 a 0), estos nos hacen pensar que las mejoras son incluyentes y queda a disposición del dueño tomar las medidas que considere necesarias.

Tabla 5. Definición de escenarios

Descripción escenario	Objetivo	Hipótesis	Variable de estado	Ejecución
<i>Escenario 1:</i> Se presenta cola en los procesos de preparación de cañón y hamburguesas, esto porque la misma persona es la encargada de preparar los pedidos de todos estos platos.	Disminuir la cola que se presenta en la preparación de hamburguesas y cañón.	Se propone que, al contratar un cocinero extra encargado solo de la preparación de hamburguesas y asignar la preparación de carnes a otra de las personas disponibles, se reducirán notablemente las colas en estas.	No. de clientes en cola de preparación de hamburguesa y cañón.	Un día de servicio, con 7 horas de trabajo empezadas a las 5 de la tarde.
<i>Escenario 2:</i> Para servir los combos es necesario que la bebida esté lista, pero como las bebidas de todos los combos están a cargo de una persona que tiene una sola licuadora, suele haber cola en el proceso, lo que incluso causa el enfriamiento de los platos.	Disminuir cola en preparación de bebidas.	Se piensa que al adquirir una licuadora adicional, se puede reducir el tiempo que los clientes pasan en la cola de preparación de bebida y hacer que el proceso de preparación tarde menos.	No. de clientes en cola de preparación de bebida.	Un día de servicio, con 7 horas de trabajo empezadas a las 5 de la tarde.
<i>Escenario 3:</i> El horno de leña es bastante lento lo cual permite al empleado preparar las pizzas necesarias, pero generando una cola considerable.	Disminuir la cola en la preparación de las pizzas.	Se plantea que para los días de más alta demanda se cuente con un horno tipo iglú con un pizzero encargado de su funcionamiento, con esto se espera que el tiempo que los clientes esperan por la pizza disminuya.	Número de clientes en cola de preparación de pizzas.	Un día de servicio, con 7 horas de trabajo empezadas a las 5 de la tarde.

Fuente: Elaboración propia

Recomendaciones

En este espacio se presentan recomendaciones para la empresa como resultado del desarrollo de este trabajo y de la observación y experiencia del equipo de trabajo como Ingenieros Industriales en formación.

Se propone contratar a una persona extra para que se encargue especialmente de la preparación de las hamburguesas, dado el gran cuello de botella en este proceso, y la otra persona se dedique a la preparación de carnes. Esto se recomienda considerando que los tiempos de preparación de hamburguesas por la señora Virginia son demorados y la demanda de las hamburguesas es una de las más grandes.

Considerando que el cuello de botella en el centro de trabajo de preparación de bebidas es el mayor de entre todos los servicios que ofrece el establecimiento, lo que se propone aumentar la capacidad con la adquisición de otra licuadora, y que esta esté a cargo de la misma operaria, que también es necesario que se capacite en preparación de bebidas para agilizar el proceso y una adecuación de este espacio de trabajo puesto que aunque el área destinada para bebidas es bastante amplia, esta no es utilizada solo para este propósito y también se la utiliza para almacenamiento de otros alimentos y el transporte de la zona de horno al área de cocina, por tanto, en esa zona existe mucha congestión, lo que impide que la operaria realice su trabajo de la mejor manera.

En cuanto al cuello de botella en la preparación de pizzas; teniendo en cuenta que las pizzas en leña son el valor agregado de la empresa frente a la competencia y que solo se cuenta con un horno iglú, se recomienda adquirir otro horno y poner a un nuevo operario a cargo; de esta manera se aumentará la capacidad en este centro de trabajo y la disponibilidad de pizzas para los clientes.

También se recomienda hacer un estudio de plantas para realizar una correcta distribución en las áreas de la pizzería y poder disminuir los transportes, adecuar mejor los puestos de trabajo, mejorar la atención al cliente, aumentar la capacidad física, etc.

Ya que la pizzería es un lugar ameno y destinado para vivir una experiencia culinaria, las personas suelen demorarse mucho consumiendo los alimentos, esto genera que frecuentemente en los días especiales no haya espacio disponible para nuevos clientes, por este motivo y sabiendo que en la pizzería existe espacio suficiente, se propone instalación de nuevas mesas para el consumo de los clientes.

Conclusiones

La simulación es una herramienta muy útil para proponer mejoras en los procesos de producción o servicios, pero debe ser combinada con otras

técnicas del ingeniero industrial ya que la simulación por sí sola no es suficiente para analizar los procesos de una manera holística, al no tener en cuenta posibles errores de los operarios o tiempos de descansos, pausas activas y de ocio, entre otras variables.

Las propuestas planteadas son incluyentes, dado que su mayor impacto es logrado cuando funcionan en conjunto, pero se puede lograr avances con la implementación de alguna de ellas. Se estableció que el tiempo de consumo de los clientes es una variable importante que atrasa el sistema, se recomienda al propietario tener más mesas ya que al ser una variable exógena son difíciles otros tratamientos. La venta de los combos es la responsable de los mayores ingresos, por ello es recomendable que se hagan esfuerzos para mejorar su servicio [28].

Se encontró alta variabilidad en los procesos del servicio de pizzería, dado que sus tiempos dependen de operaciones manuales de los operarios y las condiciones de estos también dependen del clima (llueve o no llueve), del día de la semana y de la hora (entre más tarde menos clientes llegan y más fatiga hay en los empleados).

Como conclusión, se observa que el software Simul8® es un software orientado a los procesos de producción, dado que sus funciones son más útiles para representar estos procesos. En el caso de los servicios, es necesario hacer más supuestos y codificar (en la mayoría de los casos), lo que dificulta la realización de simulaciones con respecto a estos.

Referencias bibliográficas

1. M. Parchami Jalal and S. Matin Koosha, "Identifying organizational variables affecting project management office characteristics and analyzing their correlations in the Iranian project-oriented organizations of the construction industry," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 33, n°. 2, pp. 458–466, 2014, <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.06.010>.
2. A. M. González Vanegas, "Análisis de las estrategias usadas por los servicios de tercerización de procesos de negocios (call center) en Colombia de frente a la fidelización de los clientes," Universidad Militar Nueva Granada, 2014.
3. C. Martínez, *Estadística y muestreo, 13th ed.* Bogotá, Colombia: ECOE ediciones Ltda., 2016.
4. C. K. M. Lee, S. Zhang, and K. K. H. Ng, "In-plant logistics simulation model for the catering service industry towards sustainable development: A case study," *Sustain.*, vol. 11, n°. 13, 2019, <https://doi.org/10.3390/su11133655>.
5. R. Coss Bu, *Simulación: un enfoque práctico, 2nd ed.* Mexico DF: Limusa Noriega, 1996.

6. Pizzeria Bahareque, "Pizzeria Bahareque." [Online]. Available: <https://www.facebook.com/bahareque.pizzeria/about?lst=100002358099973%3A100001338044922%3A1506285303§ion=overview&pnref=about>. [Accessed: 20-Sep-2019].
7. M. S. Ramírez, M. Z. Jaramillo, and S. C. Espinosa, "Análisis de la producción de productos alimenticios tipo snacks mediante simulación de eventos discretos en una empresa de Medellín," *Rev. Prospect.*, vol. 17, n°. 1, pp. 33–41, 2019, <https://doi.org/10.15665/rp.v17i1.1794>.
8. D. A. Velez, F. Ceballos, and G. Sánchez-Torres, "Simulation-Based Improvement Procedure for Small-Scale Shoe Manufacturing Companies," *J. Adv. Manuf. Syst.*, vol. 17, n°. 01, pp. 23–33, 2018, <https://doi.org/10.1142/S0219686718500026>.
9. A. A. Tako and S. Robinson, "The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context," *Decis. Support Syst.*, vol. 52, n°. 4, pp. 802–815, Mar. 2012, <https://doi.org/10.1016/j.dss.2011.11.015>.
10. O. Quiroga, G. Rosseti, L. M. Arcusin, and D. Costa, "Modelos de simulación para el estudio de empresas productivas," *Rev. Iberoam. Ing. Ind.*, vol. 1, n°. 2, pp. 02–23, 2009, DOI: <http://dx.doi.org/10.13084/2175-8018.v01n02a01>.
11. J. Aracil and F. Gordillo, *Dinámica de sistemas*. Alianza Editorial Madrid, 1997.
12. C. Lin, C. Tung, and C. Huang, "Elucidating the industrial cluster effect from a system dynamics perspective," *Technovation*, vol. 26, n°. 4, pp. 473–482, Apr. 2006, <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.11.008>.
13. J. She, W. Chung, and D. Kim, "Discrete-event simulation of ground-based timber harvesting operations," *Forests*, vol. 9, n°. 11, 2018, <https://doi.org/10.3390/f9110683>.
14. Bertalanffy, *Teoría General de sistemas*. México: Alfaomega, 1971.
15. K. Schittkowski, "EASY-FIT: A software system for data fitting in dynamical systems," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 23, n°. 2, pp. 153–169, 2002, <https://doi.org/10.1007/s00158-002-0174-6>.
16. W. Mendenhall, "Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias," 1997.
17. J. Devore, *Probabilidad y estadística para ingenierías y ciencias*. International Thomson, 2008.

18. C. Kieran, E. Mark, T. Jillian, and T. Stanley, *Simulation Modeling with SIMUL8*. 2007.
19. K. H. G. Bae, L. Zheng, and F. Imani, "A simulation analysis of the vehicle axle and spring assembly lines," in *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 2016, vol. 2016-Febru, pp. 2249–2259, <http://doi.org/10.1109/WSC.2015.7408337>.
20. T. Lucas, W. Kelton, P. Sánchez, S. Sánchez, and B. Anderson, "Changing the Paradigm: Simulation, Now a Method of First Resort," *Nav. Res. Logist.*, vol. 62, n°. 4, pp. 293–303, 2015, <https://doi.org/10.1002/nav.21628>.
21. S. J. Aboud, M. Al Fayoumi, and M. Alnuaimi, "Verification and validation of simulation models," in *Handbook of Research on Discrete Event Simulation Environments: Technologies and Applications*, 2009, pp. 58–74, <http://doi.org/10.1109/WSC.2010.5679166>.
22. R. N. Sengupta, A. Gupta, and J. Dutta, *Decision Sciences: Theory and Practice*. 2016.
23. Y. Barlas, "Formal aspects of model validity and validation in system dynamics.," *Syst. Dyn. Rev.*, vol. 12, n°. 3, pp. 183–210, 1996, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1727\(199623\)12:3<183::AID-SDR103>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1727(199623)12:3<183::AID-SDR103>3.0.CO;2-4).
24. Y. Barlas and K. Kanar, "A Dynamic Pattern-oriented Test for Model Validation 1," *Ind. Eng.*, n°. 97, 1997.
25. J. Kleijnen and P. C., "Verification and validation of simulation models," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 82, n°. 1, pp. 145–162, 1995, [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)00016-6](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00016-6).
26. R. G. Sargent, "Verification and validation of simulation models," *Proc. Winter Simul. Conf.*, vol. 1, pp. 130–143, 2010.
27. G. Werker, A. Sauré, J. French, and S. Shechter, "The use of discrete-event simulation modelling to improve radiation therapy planning processes," *Radiother. Oncol.*, vol. 92, n°. 1, pp. 76–82, Jul. 2009, <http://doi.org/10.1016/j.radonc.2009.03.012>
28. H. Madrid Álvarez, "Marketing Algorítmico Y Marketing Heurístico, Una Cotroversia", *Investigación E Innovación En Ingenierías*, vol. 3, n°.1, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.3.1.2038>