

**DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAMIENTO PARA EL
PROCESO DE ATENCIÓN DE CLIENTES EN
HAMBURGUESAS EL CORRAL - CASO PUNTO DE
VENTA AEROPUERTO**



CARLOS ERNESTO FORERO GUTIERREZ

**FACULTAD DE INGENIERÍA
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
BOGOTÁ D.C.
2019**

**Diseño de un plan de mejoramiento para el proceso de
atención de clientes en Hamburguesas el corral - Caso
punto de venta aeropuerto**

CARLOS ERNESTO FORERO GUTIERREZ

Trabajo de grado para optar al título de: Ingeniero Industrial

**Director: RUTH MILENA SUEREZ CASTRO
INGENIERA INDUSTRIAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
BOGOTÁ D.C.
2019**

CONTENIDO

	pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2. JUSTIFICACIÓN.....	7
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	8
3.1 Objetivo General:.....	8
3.2 Objetivos Específicos:	8
4. MARCO REFERENCIAL	9
4.1 Antecedentes en la solución del problema.....	9
4.2 Marco Teórico.....	9
4.2.1 TEORIA DE COLAS.....	9
4.2.1.1 ELEMENTOS DE MODELOS DE LINEAS DE ESPERA.....	9
4.2.1.2 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE COLAS.....	10
4.2.1.3 DEFINICIONES E IMPORTANCIA DEL PROCESO DE POISSON.....	11
4.2.1.4 NOMENCLATURA EN TEORIA DE COLAS.....	12
4.2.2 CALCULO DEL TAMAÑO DE UNA MUESTRA CONOCIENDO LA POBLACIÓN..	12
4.2.3 GENERALIDADES Y ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN INDUSTRIAL.....	13
4.2.3.1 CONCEPTOS BASICOS DE SIMULACIÓN.....	14
4.2.3.2 METODOLOGIA DE LA SIMULACIÓN.....	14
4.2.3.3 ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN.....	15
4.2.4 LEAN MANUFACTURING.....	21
4.2.4.1 DEFINICIÓN DEL LEAN MANUFACTURING.....	21
4.2.4.2 TIPOS DE DESPERICIOS EN LEAN MANUFACTURING.....	21
4.2.4.3 HERRAMIENTAS DEL LEAN MANUFACTURING.....	22

4.2.4.3.1 LAS 5'S.....	22
4.2.4.3.2 ANDON.....	23
4.2.4.3.3 KANBAN.....	23
4.2.4.3.4 SMED (Single Minute Exchange of Die – Cambios rápidos).....	23
4.2.4.3.5 TPM (Mantenimiento Total Productivo, Total Productive Maintenance).....	24
4.2.4.3.6 TAKT TIME.....	25
5. DISEÑO METODOLOGICO.....	27
6. DESARROLLO Y RESULTADOS.....	28
7. CONCLUSIONES.....	62
8. RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	63
BIBLIOGRAFÍA.....	64

INTRODUCCIÓN

Una cola se define como una variación entre la demanda del servicio y la capacidad de una organización de dar respuesta a esa requisición. Hoy en día, sabemos que la espera forma parte de nuestro diario vivir, cuando queremos obtener un bien o un servicio es inevitable pensar que vamos a hacer parte de una cola o línea de espera ya sea en un banco, al utilizar un medio de transporte, efectuar el pago de un recibo o al consumir algún alimento.

Es necesario pensar que este tiempo que pasamos esperando podríamos utilizarlo en realizar una actividad adicional y a esta reflexión es la que se enfrentan todas las organizaciones al hablar de satisfacción del cliente. Un cliente que observa que la espera es menor que en otras organizaciones al obtener un bien o servicio será un cliente satisfecho y probablemente un cliente frecuente. Por ello la gestión en las colas debe ser lo más optimizada posible para generar ese impacto positivo en el cliente.

Mencionando los restaurantes que serán el propósito de estudio de este proyecto basándonos en un punto de venta específico, se debe tener en cuenta que el exceso de clientes o el tiempo de espera podría causar que este cambie su opinión. Aunque en otras ocasiones conseguir que la persona espere podría ser un truco psicológico para atraer nuevos comensales sobre todo en entornos bastante competitivos como lo son las plazoletas de comida.

Es por ello que el objetivo principal de este proyecto fue crear un plan de mejoramiento para que el cliente de nuestros restaurantes se sienta satisfecho y sienta que la gestión en la línea de espera es optimizada para crear ese impacto positivo en él.

El proyecto se basó en un análisis estadístico en su primera parte donde se encontraron los productos más notorios que vende el restaurante, así como tiempos de preparación, los clientes que tiene por día, mes y año con el objetivo de saber el tamaño de la muestra que se utilizó en el proyecto, tiempos entre llegadas, tiempos en fila, tiempos en ser atendidos en caja y finalmente tiempos de duración del servicio. En segunda instancia realizo la simulación del sistema de atención de los clientes con los datos obtenidos previamente en la herramienta Flexsim los cuales dieron un diagnóstico de las posibles alternativas de mejoramiento utilizando herramientas de manufactura esbelta (Lean Manufacturing) como ANDON, TPM Y 5'S, entre otras.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En una época de globalización donde las empresas tienen que tener bien establecidos una serie de requisitos que se deben cumplir para proporcionar como organización servicios de calidad, es primordial contar con las herramientas necesarias que nos permitan alcanzar los niveles óptimos de satisfacción de los clientes. La empresa que hoy en día no logra una completa satisfacción del cliente se enfrenta a la problemática de no poder competir con otras empresas.

Hamburguesas el corral es una empresa con alto reconocimiento por la calidad de sus productos, por el estricto control de calidad que lleva de su materia prima y en cada etapa del proceso. Es por esta razón que la empresa desea mejorar el proceso de atención al cliente con el fin de disminuir el tiempo de servicio que va desde que el cliente llega a la fila, hasta que se le entrega el producto solicitado.

Para el caso del punto de venta Aeropuerto, se encuentra que es un punto de alta demanda por la constante afluencia de personas, lo que frecuentemente genera largas filas y la pérdida de ventas por el abandono de la misma por parte de los clientes al no generarse una respuesta automática al problema o bien, por la capacidad de almacenamiento del restaurante o porque no se cuenta con la cantidad de personal que se debería para dar una respuesta a la demanda del servicio. También se evidencia que en tiempos de gran afluencia de clientes (hora pico) los equipos para la preparación de los productos no son suficientes lo que genera demoras y una afectación directa a los clientes los cuales no cuentan con mucho tiempo para esperar precisamente por su vuelo.

Afortunadamente existen técnicas de Ingeniería Industrial que permiten el diagnóstico, análisis y diseño de alternativas de mejoramiento del tiempo de servicio, de tal manera que se pueda dar respuesta al siguiente interrogante:

¿De qué manera se puede mejorar el tiempo de servicio durante la atención de clientes en el punto de venta Aeropuerto de Hamburguesas el corral?

Para dar respuesta a este interrogante el proyecto pretende realizar un análisis estadístico de la situación en cuanto a producto y tiempos, pasando por una etapa de simulación para dar propuestas que permitan mejorar el tiempo de atención basados en herramientas de Ingeniería como la manufactura esbelta.

2. JUSTIFICACIÓN

El propósito central de este proyecto será realizar un plan de mejoramiento que permita una mejor atención a los clientes de los restaurantes de Hamburguesas El Corral, caso estudio enfocado en el punto de venta Aeropuerto, con este estudio se busca identificar las oportunidades de mejora en el proceso de atención al cliente, desde el momento en que se acerca a la fila en el punto de venta, hasta que se hace la entrega del producto solicitado, de esta manera la empresa Hamburguesas el corral podrá disminuir el tiempo que invierte el cliente en la fila, el tiempo de atención y de preparación de los productos. La mejora obtenida repercutirá en incremento de la imagen de calidad en la venta y buena atención, además del reconocimiento que ya tienen sus productos.

El desarrollo de este proyecto servirá a su vez al estudiante como opción de grado para aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera y también para optar por el título de Ingeniero Industrial.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1 OBJETIVO GENERAL:

DISEÑAR UNA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EL PROCESO DE ATENCIÓN DE CLIENTES EN HAMBURGUESAS EL CORRAL - CASO PUNTO DE VENTA AEROPUERTO

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar un diagnóstico del proceso de atención al cliente y el tiempo de servicio desde un enfoque estadístico.
- Modelar y simular el sistema de atención de clientes.
- Generar propuestas de mejoramiento para el proceso de atención de clientes basado en manufactura esbelta.
- Realizar un análisis económico de la propuesta de mejoramiento.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES EN LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

La mejora continua y la optimización de procesos en una empresa actualmente son indispensables, ya que permiten a esta alcanzar estándares de servicio óptimos y mantener su operación, a su vez permite incursionar en nuevos mercados lo que se traduce en más clientes. Para optimizar sus procesos y por ende obtener una mejora, las empresas recurren a técnicas propias de ingeniería, una de estas técnicas es la simulación industrial que ha evolucionado a pasos agigantados en gran medida por el desarrollo de las computadoras, ya que son una valiosa herramienta para la aplicación de esta técnica. La simulación se puede usar para estudios como sistemas de líneas de espera, modelos de inventarios, juego de negocios, modelos de inversión, entre otros.

Elaborar y aplicar un modelo de simulación tiene como objetivo acelerar la comprensión del proceso o sistema, a su vez, permite explicar, mejorar y probar cualquier situación posible o cambio en el sistema. Con la simulación podemos observar y determinar las fallas que se encuentran o se pudiesen encontrar en el sistema ya que esta nos permite saber lo que ocurrirá en el proceso si modificamos una o varias variables. La simulación nos permite dar respuesta a preguntas como ¿Qué pasaría si...? lo que al realizar los cambios pertinentes se traducirá en mejora de resultados. (Plata, 2014)

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 TEORIA DE COLAS.

Una línea de espera puede definirse como un “conjunto de clientes” (siendo cliente un término general que no siempre significa que sea una persona) que llega a un sistema solicitando un bien o un servicio, se espera de no ser la atención inmediata, es decir, según la capacidad de atención del sistema y se retira en el momento de ser atendido.

La teoría de colas es el estudio matemático de los comportamientos de una línea de espera. La primera aplicación de esta teoría fue del matemático Erlang sobre conversaciones telefónicas en el año 1909, un trabajo muy práctico originariamente para el cálculo de tamaño de conmutadores. Luego se convertiría en un concepto teórico de gran desarrollo y se vuelve a hablar hoy en día de un concepto aplicado, aunque requiere un gran trabajo de análisis.

4.2.1.1 ELEMENTOS DE MODELOS DE LINEAS DE ESPERA.

Para definir como se obtiene una línea de espera es necesario definir los siguientes conceptos:

- **CLIENTE:** elemento que llega al sistema para solicitar un servicio, puede ser una persona como en un banco o supermercado, una máquina que requiere servicio en un taller, etc.
- **SERVIDOR:** elemento que presta el servicio al cliente dentro del sistema por ejemplo un asesor bancario o un cajero automático.

- **FILA O COLA:** una fila o cola se compone de un cierto número de clientes que esperan ser atendidos.
- **INSTALACIÓN:** aquí se reúne el área de servicio y la fila.

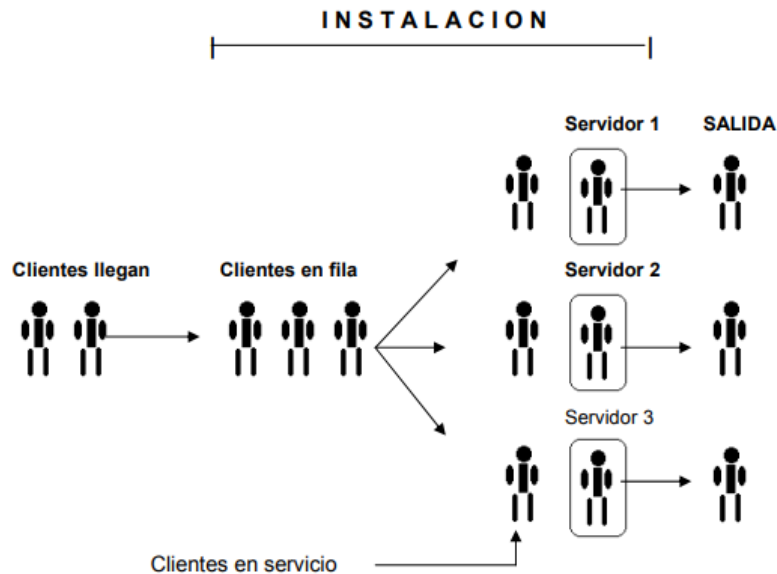


Figura 1. Elementos de una línea de espera

Galindo. E. (2003). Elementos de una línea de espera (Figura). Recuperado de:
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1096_IN.pdf

4.2.1.2 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE COLAS

- Patrón de llegada de los clientes: en líneas de espera convencionales la llegada de un cliente depende de una variable aleatoria, es necesario conocer la distribución de probabilidad entre dos llegadas sucesivas. Teniendo en cuenta también si el cliente llega de forma independiente o simultánea, en este último caso se tendría que definir la distribución de probabilidad de estos.
 Es posible que hallan clientes impacientes, es decir, de ser la cola muy larga o esperar mucho tiempo en la fila decidan abandonarla. También es posible que varíe el patrón de llegada con el tiempo, si se mantiene constante será estacionario de no ser así será no-estacionario.
- Patrón de servicio de los servidores: los servidores tienen un tiempo de atención variable, en este caso se debe asociar una función de probabilidad. También puede atender de forma independiente o simultánea y el tiempo de atención puede ser más rápido o más lento dependiendo de los clientes en la cola. Al igual que en el patrón de llegadas el patrón de servicio puede ser estacionario o no estacionario dependiendo de tiempo transcurrido.
- Disciplina de cola: se refiere al ordenamiento de los clientes al momento de ser atendidos en la cola, se pensaría que la manera normal de atención es FIFO, es decir, atender al primero que llega, sin embargo, en muchas colas es habitual

encontrar la disciplina LIFO (atender al último primero). También encontramos las reglas de secuencia o prioridades, un ejemplo de ello es secuenciar las tareas por el tiempo de duración o según el tipo de cliente.

- Capacidad del sistema: algunos sistemas tienen una limitación con respecto al número de clientes que pueden esperar en la fila, estos casos se denominaran situaciones de cola finitas.
- Número de canales de servicio: es decir el número de colas por servidor, generalmente usando una única fila o línea de espera en un sistema multiservidor es mejor que una línea de espera por cada servidor, en este caso hablamos de canales de servicio paralelos (una cola que alimenta a varios servidores). (Sabater, 2015)

4.2.1.3 DEFINICIONES E IMPORTANCIA DEL PROCESO DE POISSON.

Para hablar del proceso de Poisson es necesario primero estar al tanto de los siguientes conceptos:

- Modelo Probabilístico: representación matemática de un proceso en la que hay al menos una variable de origen incierto.
- Variable Aleatoria: Una variable aleatoria es un número que representa un resultado de una circunstancia o un experimento aleatorio. Una variable aleatoria puede ser discreta o continua. Discreta cuando solo puede tener valores contables distintos, tales como 0, 1, 2, 3, etc., por ejemplo, el número de estudiantes en un aula, el número de aviones en un aeropuerto o el número de defectos en un lote. Una variable aleatoria continua puede tener cualquier valor, por ejemplo, una medición, la estatura de los sujetos de un estudio o la longitud de destornilladores.
- Distribución de Probabilidad: se define como el conjunto de valores que una variable aleatoria (X) puede asumir y la probabilidad asociada a cada valor de X ($P(x)$).
- Distribución Discreta: esta distribución aparece cuando el conjunto de valores que la variable aleatoria puede tomar es un número finito o infinito, por ejemplo, el número de quejas de clientes en un día.
- Distribución Continua: se asume una distribución continua cuando la variable aleatoria puede tomar cualquier valor en un intervalo, por ejemplo, la altura de un individuo o su peso.
- Distribución de Poisson: Es utilizado en los modelos de líneas de espera para detallar el número de eventos (llegadas o salidas) en un período dado, en cuyo caso λ representa el número de eventos por unidad de tiempo. Cuenta valores en toda la gama de X. Es una distribución que posee una probabilidad de $P(x)$ de que la variable x sea igual a cero. Por lo tanto, las llegadas a una instalación durante un intervalo determinado pueden variar de cero a infinito.
- Distribución exponencial: Es considerada una distribución continua. En la teoría de colas el servicio es continuo y caracterizado por la distribución exponencial $f(x) = e^{-x}$. Esto, al igual que en la distribución de Poisson, da valores para la probabilidad de que X adopte valores de cero.

El proceso de Poisson está representado por tres condiciones: la primera es que la probabilidad de que un evento (llegada o salida) ocurra entre los tiempos t y $t + h$ dependerá únicamente de la longitud de h , la segunda nos dice que la probabilidad de que ocurra un evento durante un intervalo de tiempo muy pequeño h es positivo, pero menor que “1” y cuando mucho puede ocurrir un evento durante un intervalo de tiempo muy pequeño h ”

El proceso de Poisson es completamente aleatorio porque tiene la propiedad de que el intervalo de tiempo que permanece hasta la ocurrencia del próximo evento, es totalmente independiente del intervalo de tiempo que ha transcurrido desde la ocurrencia del último evento. (MANCHINEL, 2003)

4.2.1.4 NOMENCLATURA EN TEORIA DE COLAS.

λ = Número de llegadas por unidad de tiempo

μ = Número de servicios por unidad de tiempo si el servidor está ocupado

c = Número de servidores en paralelo

$p = \frac{\lambda}{c \cdot \mu}$: Congestión de un sistema con parámetros: (λ , μ , c)

$N(t)$: Número de clientes en el sistema en el instante t

$N_q(t)$: Número de clientes en la cola en el instante t

$N_s(t)$: Número de clientes en servicio en el instante t

$P_n(t)$: Probabilidad que haya n clientes en el sistema en el instante $t = \Pr \{N(t)=n\}$

N : Número de clientes en el sistema en el estado estable

P_n : Probabilidad de que haya n clientes en estado estable $P_n = \Pr\{N=n\}$

L : Número medio de clientes en el sistema

L_q : Número medio de clientes en la cola

T_q : Representa el tiempo que un cliente invierte en la cola

S : Representa el tiempo de servicio

$T = T_q + S$: Representa el tiempo total que un cliente invierte en el sistema

$W_q = E[T_q]$: Tiempo medio de espera de los clientes en la cola

$W = E[T]$: Tiempo medio de estancia de los clientes en el sistema

r : número medio de clientes que se atienden por término medio

P_b : probabilidad de que cualquier servidor esté ocupado.

4.2.2 CALCULO DEL TAMAÑO DE UNA MUESTRA CONOCIENDO LA POBLACIÓN

Calcular el tamaño de una muestra es muy importante en cualquier estudio de investigación, de acuerdo al planteamiento del problema y la población se debe justificar el propósito de

la investigación. El tamaño de la muestra dependerá además de situaciones estadísticas y no estadísticas y para hallarlo debemos determinar ciertos elementos, a mencionar:

- Tamaño de la población. Se define como una recopilación bien definida de objetos o individuos con características afines. Se hablará entonces de dos tipos: población objetivo, que suele tener diversas características y también es conocida como la población teórica. La población accesible es aquella sobre la que los investigadores aplicaran sus conclusiones. El tamaño de la población se denota como **N**.
- Margen de error (intervalo de confianza). El margen de error es una estadística que expresa la cantidad de error de muestreo aleatorio en los resultados de una encuesta, es decir, es la medida estadística del número de veces de cada 100 que se espera que los resultados se encuentren dentro de un rango específico.
- Nivel de confianza. Son intervalos aleatorios que se usan para delimitar un valor con una determinada probabilidad alta. Por ejemplo, un intervalo de confianza de 95% significa que los resultados de una acción probablemente cubrirán las expectativas el 95% de las veces.
- La desviación estándar. Es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población. (Pickers, 2015)

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2(p * q)}{e^2 + \frac{Z^2(p * q)}{N}}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

Z: nivel de confianza deseado

p: proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q: proporción de la población con la característica no deseada (fracaso)

e: nivel de error dispuesto a cometer

N: tamaño de la población

4.2.3 GENERALIDADES Y ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN INDUSTRIAL.

El termino de simulación es interpretado por sus autores y esto depende del tipo de formación y conocimiento, desde un inicio se definió como una técnica numérica para la elaboración de experimentos desde un computador digital, involucrando ciertos tipos de modelos que describen el comportamiento del sistema, con el objetivo de entender el comportamiento del sistema real o evaluar estrategias de mejoramiento para este. Su objetivo principal es modelar el mundo real minimizando la estructura a algo más básico, es decir, un modelo utilizando para ello una herramienta informática. Corresponde además una representación que atiende los propósitos claros del estudio o aplicación que luego serán

codificados en un ambiente de simulación para así experimentar y analizar los resultados con el fin optimizar el rendimiento del sistema. La utilidad dependerá de que tan aproximado este la simulación a la realidad. La simulación se considera como un experimento estadístico y como consecuencia sus resultados se deben interpretar de la misma manera.

Una definición más estricta según H. Maisel y G. Gnugnoli seria: una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo.

4.2.3.1 CONCEPTOS BASICOS DE SIMULACIÓN.

- Sistema: es la colección de entidades, por ejemplo, seres, maquinas u objetos que actúan y se relacionan hacia un fin lógico.
- Modelación: se define como todo aquello que funciona para representar o describir otro objeto, lo que quiere decir es la creación de prototipos o primeros diseños.
- Modelo: es la representación simplificada de un sistema real, con el que se intenta extender su comprensión, hacer predicciones y realizar cambios al sistema. Existen tres formas de modelos: Icónico (versión a escala del objeto real y con sus propiedades relevantes más o menos representadas), Analógico (modelo con apariencia física distinta al original, pero con comportamiento representativo) y Analítico (relaciones matemáticas o lógicas que representen leyes físicas que se cree gobiernan el comportamiento de la situación bajo investigación). Los modelos pueden aclarar el pensamiento en un área de interés establecida, puede dar una ilustración del concepto, ayudar y definir la estructura lógica.
- Modelado: es el proceso de construcción de un modelo, consiste en la habilidad para analizar el problema, sintetizar las características fundamentales, elegir y modificar las suposiciones que caracterizan al sistema para luego elaborar el modelo hasta obtener una aproximación útil.

4.2.3.2 METODOLOGIA DE LA SIMULACIÓN.

En la planeación y diseños de experimentos de simulación se requiere un procedimiento que consta de tres etapas:

- Experimentación: cuando la experimentación directa con un sistema real resulta muy costosa o imposible de realizar o se requiere el diseño de un nuevo sistema es necesario crear un modelo con el objetivo de hacer modificaciones sin afectar el sistema real hasta obtener el comportamiento deseado.
- Predicción: utilizando el modelo para predecir el comportamiento del sistema real se puede hacer una evaluación para crear estrategias de mejoramiento y planes de acción.
- Enseñanza y "training": al final tenemos los resultados de los planes de acción o estrategias de mejoramiento que básicamente constituyen una herramienta poderosa, a mencionar algunos problemas para los que la simulación es necesaria son: Diseño y análisis en los sistemas de manufactura, Evaluación de los requerimientos hardware y software en un computador, Evaluación de nuevas

armas o tácticas militares y Determinación de distintas políticas para sistemas de inventario, entre otros. (Pickers, 2015)

4.2.3.3 ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN.

1) DEFINICIÓN DEL SISTEMA.

En esta etapa se trata de buscar la mejor manera posible de ver el sistema con el cual se va a trabajar, se requiere entender de una manera concreta el funcionamiento de las condiciones reales, sus elementos, relaciones y metas para así imaginarlas como un sistema de modo que se pueda evidenciar una idea más cercana de los elementos del sistema sobre el que se realizara la simulación, estableciendo si la herramienta indicada para dar solución al problema es la ya mencionada o si por el contrario se requiere trabajar con otras técnicas de métodos numéricos para así conseguir los mismos resultados pero a menor costo. Para esta etapa se consideran los siguientes aspectos:

- Objetivos de la simulación. Es aquí donde el analista se debe preguntar qué resultados se alcanzarán con la simulación y en cuanto tiempo se lograrán esos resultados, para ello se requieren recursos como:
 - a) Mano de obra: personal calificado en procesos de simulación y estadística.
 - b) Financiero: hacer un presupuesto de inversión en la obtención del modelo y aplicación de las mejoras planteadas.
 - c) Tecnológico: se refiere al software que se utilizara para el proceso de simulación.
 - d) Disponibilidad del personal involucrado en el sistema a simular.

Se define además el alcance de la simulación y se deja claro si el modelo se realizara sobre todo el sistema o sobre algunas etapas en especial, esclareciendo su inicio y fin.

- Variables de interés. son los elementos que precisan el comportamiento del sistema y son necesarios para su funcionamiento con el objetivo de ser representado de una manera genérica. Se tienen tres tipos de variables:
 - a) De decisión: son las variables que definen el comportamiento del sistema y detallan el estado de este en cualquier momento.
 - b) De respuesta: son aquellas cuyo valor se trata de predecir con el modelo.
 - c) Exógenas: son las variables que afectan el comportamiento del sistema, pero no son afectadas por este.
- Medidas de desempeño. Son todas aquellas variables que calculan el comportamiento del sistema evaluado en el modelo y funcionan para establecer qué escenario de desempeño es mejor que otro.

Es de gran importancia precisar la información que se desea obtener del modelo o la importancia de la decisión a tomar a partir de este.

2) PLAN GENERAL DEL PROYECTO.

Para diseñar el plan general del proyecto, es necesario aplicar los siguientes aspectos:

- Programas a utilizar en el desarrollo de la simulación. Establecer que tipos de software son necesarios para el sistema que será simulado.
- Número de personas. Cuantas personas estarán implicadas en el proyecto y el tipo de conocimiento que poseen, por ejemplo, profesional de simulación y estadística, personas que realizarán la recopilación de datos para el estudio, personal involucrado en el proceso productivo, entre otros. Todo esto para que la simulación se ajuste más a la realidad.
- Costo del proceso. Se refiere al dinero del que se debe disponer para la realización de la simulación, por ejemplo, el salario de los analistas, la inversión en herramienta informática, etc.
- El tiempo de cada una de las fases del proceso de simulación. Se busca en este aspecto establecer cuanto tiempo se necesitará para llevar a cabo cada una de las etapas o fases de la simulación con el objetivo de realizar la trazabilidad de cada etapa o fase.
- Resultados esperados en cada fase o etapa. teniendo el tiempo de cada etapa, se debe establecer un resultado para la misma, esto para controlar el progreso del proceso dentro de la simulación.

3) RECOLECCIÓN DE DATOS.

En esta etapa se consiguen los datos concernientes a las variables definidas en la etapa 1, de preferencia extraídos directamente del sistema que vamos a simular, teniendo en cuenta que no se genere ninguna alteración del comportamiento habitual de las respectivas variables.

Esta etapa está íntimamente ligada a la longitud de corrida del modelo, ya que de ella depende el tiempo que tome la obtención de la información, teniendo en cuenta que la longitud de corrida nos habla de la duración de un ciclo productivo de planeación que es generalmente un mes. Como esta etapa ocupa gran parte del proceso de simulación, se debe dar inicio a la misma lo más rápido posible.

Los aspectos necesarios y que se deben tener en cuenta para la recolección de datos son:

- Longitud de corrida. Se debe establecer los parámetros que definirán la longitud de corrida, que puede depender del tiempo de ciclo productivo, si se tomaran uno o varios ciclos para la definición de la longitud de corrida y si la corrida se hará por pedido o por la cantidad de producto requerida.
- Definir fuentes de información. Muchas veces la recolección de datos se convierte en una restricción por no tener acceso a ella en su mayoría o ser limitada, o simplemente porque no se realiza de una manera adecuada. Por ello se debe tener claro donde se puede tomar la información necesaria para el modelo y el proceso, por ejemplo, datos tomados directamente del sistema, datos históricos, registros contables, órdenes de compra, opiniones de expertos o experimentos.
- Tiempo de inicio de la etapa. por ser esta la etapa más extensa del proceso, es necesario determinar el momento más oportuno en el que se iniciara la toma de la información.
- Que hacer en caso de no tener datos. Hay algunas maneras de conseguir la información que puede orientar la formulación del modelo, aunque no existan datos, entre estas:

- a) Datos de ingeniería como la información proporcionada por los proveedores de un producto, por ejemplo, la duración del producto, el factor de uso, etc. Esto para definir un punto de entrada.
- b) Opiniones de expertos que permitan identificar situaciones como tiempos de fallo, tiempos optimistas y pesimistas de un proceso, entre otros. Esto permitirá servir de ayuda para la formulación del modelo.
- c) La naturaleza misma del proceso ya que existen distribuciones que se ajustan normalmente a determinados tipos de proceso.

4) ANALISIS DE ENTRADA

Consiste en estudiar los datos recolectados en la etapa anterior, estos datos referentes a las variables definidas previamente con el objetivo de establecer su comportamiento estadístico y que serán puestos en el software de simulación de manera que se pueda asegurar que los parámetros de la simulación funcionan de manera correcta de acuerdo al comportamiento original del sistema. Se debe tener en cuenta en el análisis la apreciación del experto en el sistema para así tener una aprobación general del comportamiento de las variables y tener una validación del sistema a través de las mismas.

Al hablar de análisis estadístico debemos mencionar ciertos tipos de pruebas que facilitará el tratamiento que se debe dar a las variables involucradas en el sistema, a mencionar:

- Prueba de independencia. esta prueba busca determinar una relación entre el ordenamiento de una secuencia de números aleatorios, de acuerdo al tiempo de generación.
- Prueba de homogeneidad. Esta prueba se realiza para conocer si dos muestras aleatorias provienen de una misma población.
- Prueba de bondad de ajuste. Esta prueba busca probar de manera estadística que la distribución de la frecuencia observada se ajusta con alguna distribución teórica conocida.
- Análisis de regresión. Este análisis busca la cantidad de cambio que tiene una variable dependiente (Y) en relación al cambio de una variable independiente (X). estudia además la relación de dos variables dependientes.

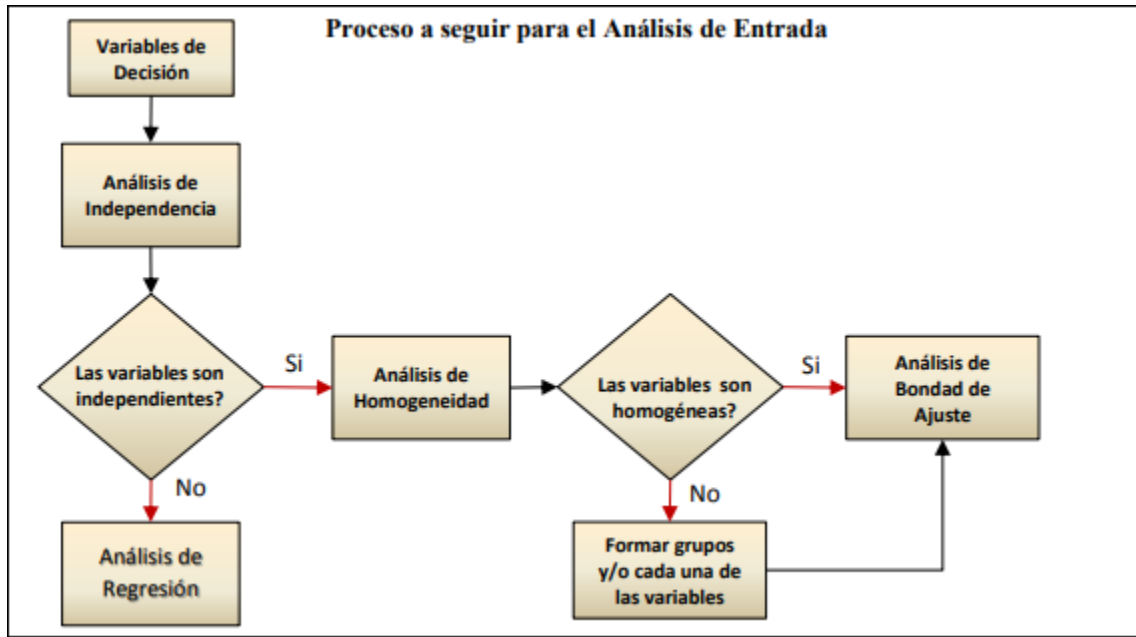


FIGURA 2. Proceso para el análisis de entrada.

Herrera. O. Becerra. L. Proceso a seguir para el análisis de entrada. Recuperado de: <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP152.pdf>

Para realizar el análisis de los datos es necesaria una discriminación por periodos de tiempo y grupos definidos de variables con el objetivo de determinar la existencia de comportamientos estadísticos diferentes en cada uno de ellos.

5) CONSTRUCCIÓN DEL MODELO.

En esta etapa se elabora el modelo del sistema lo más cercano al real, para ello se emplea la sintaxis del software que se está utilizando, debemos tener en cuenta la lógica secuencial del proceso real. Se sugiere realizar un bosquejo o esbozo general del proceso para armar el modelo, teniendo siempre en cuenta las relaciones entre los componentes y aplicando lo siguiente:

- Clasificación del modelo de acuerdo con su momento de finalización. De acuerdo con el momento de finalización, un modelo puede clasificarse en:
 - a) Modelos de categoría terminal: la simulación termina teniendo en cuenta alguna regla o condición del modelo especificado.
 - b) Modelos de categoría no terminal o de estado estable: en este tipo de simulación no involucra una ocurrencia del tiempo en que tenga que finalizar.
- Conocimiento del sistema a modelar. La realización del modelo comprende un conocimiento total del sistema, de manera que el modelo sea lo más cercano al sistema real.
- Lenguaje de simulación. Es importante conocer el lenguaje que maneja el software de simulación elegido, con el objetivo de hablar un mismo idioma y la sintaxis del proceso quede bien definida.
- Componentes del sistema a modelar. Los componentes del sistema se definen a continuación:

- a) Elementos estáticos: comprenden las ubicaciones, representan lugares fijos en el sistema en el que las entidades realizan actividades como el procesamiento, la demora, el almacenamiento, etc.
- b) Elementos dinámicos (entidades): hace referencia a los elementos que el sistema puede procesar, por ejemplo, insumos, partes, materiales o clientes en el sistema, entre otros.
- c) Arribos o llegadas: es el mecanismo para definir como entran las entidades al sistema, pueden llegar individualmente o en lotes.
- d) Secuencia lógica (procesamiento): se refiere a las operaciones que se ejecutan en ese lugar, los recursos necesarios para completar el procesamiento y todo lo que acontece en dicho lugar, incluye la selección del siguiente destino de una entidad.

6) VALIDACIÓN.

En esta etapa se realizan las pruebas experimentales con el fin de observar si el modelo es una representación correcta del sistema real, comparando la información de salida del modelo o resultados obtenidos de la simulación en contraste con los datos observados en la realidad. Esto se hace con el fin de buscar que los parámetros de las variables y la estructura lógica del modelo sean una fiel representación en el ordenador. En el momento de encontrar diferencias, estas son usadas junto al conocimiento adquirido para mejorar el modelo. Este proceso se repetirá hasta que el modelo sea lo más cercano a la realidad, es decir, sea aceptable. La validación del modelo se utiliza para desarrollar un nivel de confiabilidad aceptable en el que las inferencias rescatadas del desempeño del modelo son correctas y aplican al sistema real. Dependiendo del modelo a simular se sugiere la realización de prototipos para observarlos en funcionamiento. Para la validación del modelo es recomendable utilizar las siguientes herramientas:

- Opinión del experto en el sistema. Es necesario tener en cuenta la opinión del experto pues es el quien opera e interactúa constantemente con él.
- Opinión de expertos en simulación. Un especialista en simulación dará la mejor opinión acerca del modelo elaborado, si este contiene falencias en la sintaxis del mismo o el manejo estadístico de la información.
- Evaluación estadística con un determinado nivel de error. Mediante la realización de pruebas estadísticas se busca obtener un intervalo de confianza, con el objetivo de evidenciar si existe diferencia relevante entre los datos simulados y los reales. Se realiza escogiendo las variables más significativas del sistema.
- Exactitud en la predicción futura. Esta información aporta valor real al modelo y se puede evaluar su funcionamiento al confrontarlo con el comportamiento pronosticado en la realidad.
- Usar lo que hace fallar el sistema real. Si al implantar las fallas del sistema al modelo no presenta cambio alguno en su comportamiento, es necesario realizar modificaciones pues esto es una muestra de que el modelo no se encuentra ajustado.
- Análisis de sensibilidad. Es decir, despejar dudas en la comprensión del sistema mediante la comparación de diferentes escenarios reales del mismo.
- Test de validación.
 - a) Test de continuidad: cambios pequeños en los parámetros de insumo deben inducir cambios pequeños en los resultados de la simulación, por ejemplo, un aumento pequeño en las llegadas a un sitio debe reflejar un aumento pequeño en el número promedio de entidades en fila. De no ser así y por el contrario se

presente un cambio desproporcional, será necesario un estudio por parte del analista para verificar porque esto ocurre.

- b) Test de consistencia: corridas similares presentaran resultados similares.
- c) Degeneración: cuando se borren ciertos detalles del modelo, los resultados deberán mostrar esa remoción, por ejemplo, un recurso que se borre deberá incidir en el aumento del número promedio en fila.
- d) Condiciones absurdas: aquí se comprueban dos cosas; si al modelo se ingresan insumos absurdos, que no sean absurdos y que no se evidencien situaciones absurdas durante la simulación, por ejemplo, tiempos negativos.

7) EXPERIMENTACIÓN.

En esta etapa se experimentan o evalúan los diversos comportamientos del sistema, realizando un análisis de sensibilidad que tendrá como objetivo comparar los que muestran mejores resultados de acuerdo al objetivo inicialmente planteado. Es importante en esta etapa, construir indicadores de desempeño para realizar las comparaciones de los diversos comportamientos para así tener un criterio de selección de la mejor opción.

Se debe realizar un plan de experimentación que establecerá las posibles alternativas de comportamiento del sistema que se quieren evaluar con el modelo de simulación de acuerdo a los objetivos planteados desde el inicio. Es importante tener en cuenta si se deben realizar cambios a los comportamientos de las variables, adiciones o reducciones de variables o elementos del sistema, reformas a las lógicas de funcionamiento del sistema o cualquier cambio que se considere pertinente evaluar.

8) INTERPRETACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

En esta etapa se deben aclarar los resultados obtenidos teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Resultados de experimentos. Aquí se responden preguntas como: ¿Cómo se comportó el sistema en los experimentos hechos? ¿qué alternativas se consideraron en la simulación y cuáles fueron sus comportamientos?
- Observaciones hechas en el proceso. Es decir, la lista de aportes que se hicieron en el transcurrir del proceso de simulación, las acciones tomadas y resultados implementados.
- Toma de decisiones. Que acciones se tomaron a partir del proceso de simulación que ha terminado, como se debe enfrentar el problema detectado en el inicio.
- Conclusiones y recomendaciones del proceso. Debe evidenciar la interpretación del analista en el proceso que se llevó a cabo, es necesario dejar claro a los interesados, de ser posible de forma escrita, que es relevante para tener en cuenta en el proceso.

9) TOMA DE DECISIONES.

Realizados los análisis y la presentación de los informes, se necesita una decisión por parte de la alta gerencia, teniendo en cuenta para ello:

- Los costos que generaran los cambios que fueron sugeridos por parte de los expertos en simulación, que se traducen en: mano de obra, retrasos en la operación

por los cambios realizados, inversión en nuevas tecnologías e infraestructura, capacitación o entrenamiento del personal acerca de los cambios realizados.

- El tiempo necesario para realizar los cambios propuestos.
- El tiempo que se necesitara para que la inversión retorne.

10) MONITOREO Y CONTROL.

en esta etapa se debe realizar un monitoreo al sistema y controlarlo porque es posible que con el tiempo por ser dinámicos se necesite modificar el modelo de simulación, ante los cambios del sistema real, con el objetivo de realizar actualizaciones periódicas que permitan que el modelo siga siendo una representación fidedigna del sistema. (Oscar Javier Herrera, 2014)

4.2.4) LEAN MANUFACTURING.

4.2.4.1) DEFINICIÓN DEL LEAN MANUFACTURING.

Lean manufacturing puede traducirse como “producción ajustada” y se refiere a la capacidad de adaptarse a las necesidades del cliente, eliminar todos los desperdicios y lo que no añade valor al sistema productivo, en general son un conjunto de herramientas desarrolladas en Japón que buscan la asignación sustentada de las operaciones de fabricación con el objetivo de generar un flujo continuo y una respuesta inmediata a la demanda mediante los siguientes aspectos:

- Eliminación de desperdicios y suministro de los materiales mediante el sistema Just in time.
- Una relación confiable y transparente con los diferentes proveedores.
- La participación de los empleados en decisiones propias a la producción.
- Eliminar posibles defectos, implantando elementos para evidenciar la calidad en todo momento, lo que se traduce en calidad total.

El objetivo principal del Lean Manufacturing es que según los requerimientos del cliente el producto o servicio se ajuste a estos mediante mejoras pequeñas y frecuentes con cierto grupo de técnicas para hacerlo posible. Esto logra que se mejore e incremente la competitividad en el tiempo. Otra ventaja será la reducción de costos, especialmente los costos indirectos mientras se mantengan los estándares de calidad y se disminuyan los tiempos de fabricación.

La implementación del Lean Manufacturing en una empresa o planta industrial requiere el conocimiento de conceptos, herramientas y técnicas con el objetivo de alcanzar rentabilidad, competitividad y satisfacción del cliente basándose en los siguientes pilares: La filosofía de mejora continua: el concepto Kaizen, Control total de la calidad y Just In Time.

4.2.4.2) TIPOS DE DESPERICIOS EN LEAN MANUFACTURING.

Desde la recepción de la orden de un cliente hasta el despacho de la misma observamos ocho clases de desperdicios, independientemente del tipo de empresa. Se considera un desperdicio todo aquello adicional a lo mínimo necesario de recursos para la fabricación de

un producto o la prestación de un servicio, ya sea materiales, equipos, personal, tecnología entre otros. Los desperdicios anteriormente mencionados son:

- Sobreproducción: se refiere al procesamiento de artículos en mayor cantidad o más temprano de lo requerido por el cliente. En este desperdicio se considera: hacer más de lo requerido en el siguiente proceso, hacer antes de lo querido o hacer más rápido de lo que se requiere en el siguiente proceso.
- Transporte: movimientos innecesarios de materiales, productos en proceso o terminados, incluyendo cuando se recorren distancias cortas hacia el almacenamiento o desde el mismo.
- Tiempo de espera: hace referencia al tiempo ocioso que se genera cuando se espera por material, personal, información entre operaciones o durante la operación.
- Sobre-procesamiento o procesos inapropiados: se refiere a aquellos esfuerzos que no agregan valor al producto o servicio no percibido por el cliente.
- Exceso de inventario: abundante o excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso o terminado ya que esto significa dinero represado.
- Defectos: es todo aquel material defectuoso, valga la redundancia, que genera: inspecciones, retrabajos, rechazos y pérdida de productividad.
- Movimientos innecesarios: hace referencia a los movimientos que realiza el operario aparte de generar valor agregado al producto o servicio. En este desperdicio se incluyen a las personas que en una empresa bajan o suben por documentos, buscando, escogiendo, etc.
- Talento humano: cuando los empleados de una empresa no se capacitan acerca de los desperdicios, se pierden sus aportes en ideas, oportunidades de mejoramiento, etc. Esto se traduce como no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios. (SÁNCHEZ, 2013)

4.2.4.3) HERRAMIENTAS DEL LEAN MANUFACTURING.

4.2.4.3.1) LAS 5´S.

Esta herramienta hace referencia a la implementación de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, se trata de tener mayor calidad de vida en el trabajo. Las 5´S provienen de términos japoneses que, ajenos a una cultura empresarial, hacen referencia a términos que ponemos en práctica en nuestra vida cotidiana. Las 5´S son: Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente (Seiri), Ordenar (Seiton), Limpieza (Seiso) Estandarizar (Seiketsu) y Disciplina (Shitsuke).

El objetivo principal de esta herramienta es obtener un funcionamiento más eficiente y uniforme de los trabajadores en sus respectivos centros de trabajo.

La implantación de la herramienta es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permitirá una reducción de desperdicios y permite mejorar las condiciones de seguridad industrial en la organización, beneficiando así tanto a la empresa como a sus empleados. Algunos beneficios que ofrece esta herramienta son:

- Mayores niveles de seguridad que se traducen en una mayor motivación de los empleados
- Mayor calidad
- Tiempos de respuesta más cortos
- Aumenta la vida útil de los equipos

- Genera cultura organizacional
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos (Díaz, 2009)
-

4.2.4.3.2) ANDON.

Andon es una expresión japonesa cuyo significado es “lámpara” y hace referencia al control visual. Es considerada una herramienta del lean manufacturing la cual agrupa un conjunto de medidas de comunicación que tiene como objetivo evidenciar de forma sencilla el estado de un sistema productivo. El propósito principal de esta herramienta consiste facilitar la toma de decisiones y la participación del personal, dándole al mismo, información de cómo su desempeño influye en los resultados, con el objetivo de tener un mayor control sobre sus metas. Se dice entonces que el control visual empodera y motiva al personal a través de la información.

El beneficio principal del control visual es el mejoramiento del flujo de información relevante y la estandarización de la comunicación. Además, puede contribuir a eliminar desperdicios, mejorar la calidad, mejorar el tiempo de respuesta y seguridad, estandarizar procedimientos, reducir costos, entre otros.

El control visual tiene varios métodos de aplicación, dependiendo del objetivo al que se quiera adecuar y puede clasificarse a groso modo en:

- Control visual de equipos y espacios.
- Control visual de la producción.
- Control visual en el puesto de trabajo.
- Control visual de la calidad.
- Control visual de la seguridad.
- Gestión de indicadores. (Gomez, 2016)

4.2.4.3.3) KANBAN.

Esta herramienta es un sistema de control y programación sincronizada de producción que ayuda al manejo de flujo de materiales pues contiene información referente a lo que se va a producir, la cantidad indicada, mediante qué medios y el modo de transporte.

Las funciones principales de Kanban son:

- Control de la producción, es decir la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema Just In Time.
- La mejora continua: se refiere a la facilitación de mejora en las actividades, eliminación del desperdicio, organización del área de trabajo, mantenimiento preventivo y productivo, entre otros. (SÁNCHEZ, 2013)

4.2.4.3.4) SMED (Single Minute Exchange of Die – Cambios rápidos)

En la actualidad es necesario que la producción se adapte de manera rápida a la demanda, razón por la cual las empresas tienen que ser capaces de empezar la fabricación de un producto en el mismo momento que se recibe el pedido del cliente. Para lograr esto, se

hace necesario tener un plazo de fabricación muy corto. En el proceso de fabricación el tiempo se descompone de la siguiente manera: tiempos de elaboración, tiempo de espera entre procesos sucesivos y tiempos de transporte. Reducir cualquiera de estos tiempos hará que se reduzca el tiempo de fabricación, la metodología de cambios rápidos puede ayudarnos en este caso, por ejemplo, para reducir el tiempo de elaboración se podría eliminar la producción por lotes y buscar la producción por unidades lo que exige modificar el Lay-Out y poseer trabajadores que realicen varias actividades cada uno. Para reducir el tiempo de espera se necesita erradicar las causas de esta espera, normalmente el desequilibrio en el tiempo de producción entre procesos, la aptitud de los operarios o en último caso las diferentes capacidades de las maquinas lo que requerirá estandarizar las operaciones. Finalmente, y con el objetivo de reducir el tiempo de transporte se puede cambiar de una distribución en planta por procesos a una distribución por producto, utilizar medios de transporte como cintas transportadoras o vehículos guiados o reducir el tiempo de preparación.

Las ventajas de utilizar la herramienta SMED pueden ser: reducir el tiempo de cambio y desperdicios de arranques, incrementar el tiempo de operación de la máquina y mantener un alto desempeño después del cambio, lo que se traduce como producir bien a la primera vez.

El proceso SMED consiste en:

- Establecer el tiempo actual del cambio. Hace referencia al tiempo desde la última parte buena de la primera orden hasta la primera parte buena de la nueva orden. Uno de los criterios usados para determinar el tiempo de cambio es el tiempo parado de la maquina o el tiempo de la máquina que no es productivo a cierto nivel.
- Identificar todas las actividades que se llevan a cabo. Es decir que cada paso en el proceso de cambio debe ser documentado con el fin de que sea un método estandarizado y repetible.
- Identificar actividades que pueden ser eliminadas.
- Distinguir entre actividades Internas y Externas. Se refiera a los pasos de cambio que pueden hacerse con la maquina parada (actividades internas) o sin hacer parar la maquina (actividades externas), por ejemplo, preparar herramientas y equipos, poner el área en orden, etc.
- Eliminar las actividades innecesarias.
- Hacer externas todas las actividades posibles.
- Optimizar las actividades internas y externas
- Establezca el nuevo tiempo de cambio (Correa, 2007)

4.2.4.3.5) TPM (Mantenimiento Total Productivo, Total Productive Maintenance)

TPM consiste de un sistema integral de actividades con el objetivo de mejorar la capacidad de las áreas eliminando perdidas en el área de trabajo. Es un sistema donde se busca la perfección de las operaciones de la planta mediante acciones ordenadas que permiten eliminar las pérdidas de los sistemas productivos.

Esta herramienta está dirigida a eliminar los tiempos muertos de las maquinas mediante la aplicación de los siguientes pasos:

- Limpieza básica de máquinas o equipos. Llevar a cabo una limpieza exhaustiva por parte de los usuarios y la administración trabajando en equipo. Se debe identificar defectos y puntos débiles además de establecer reglas para realizar una limpieza fácil y periódica teniendo en cuenta el sostenimiento mínimo para que los resultados se mantengan.
- Prevención de fuentes de contaminación. Eliminar los defectos encontrados en el paso anterior. Mediante el uso de técnicas de análisis como; análisis 5 porque, Pareto, diagrama de pescado, entre otras se identifican y eliminan las fuentes de suciedad y contaminación.
- Estándares de limpieza y reparación. Consiste en crear y aplicar estándares con el objetivo de prevenir la contaminación y la suciedad. Se debe garantizar el mantenimiento regular de los equipos y reducir los tiempos de limpieza y espera.
- Capacitación para reparaciones independientes por operadores. Se debe dar una inducción a los operadores para que detecten componentes defectuosos o que no están funcionando como se debe con el objetivo de iniciar las mediciones pertinentes (Desempeño de mantenimiento autónomo, reparaciones menores o llamar al personal de mantenimiento de manera oportuna).
- Reparación independiente por operadores. Es el operador entrenado la persona responsable de hacer mantenimiento durante los paros programados o en cualquier falla que se presente durante la operación, será este el responsable del tiempo muerto causado por averías. En este caso es necesario implantar un sistema de poka yokes con el fin de prevenir los errores o fallas antes de que estos generen un defecto en el producto.
- Estándares para asegurar procesos. Todo lo anteriormente mencionado debe estar documentado para asegurar que se mantengan siempre las mejoras bajo el método científico y verificar que los procesos se realicen de la misma manera siempre.
- Uso de mantenimiento autónomo. Se refiere a la invitación que se debe hacer al operador de tomar la responsabilidad del mantenimiento de su equipo de trabajo con el objetivo de incrementar la efectividad del equipo. (Correa, 2007)

4.2.4.3.6) TAKT TIME.

Takt significa ritmo. Partiendo de la información sobre los pedidos del cliente se establece el takt time que se deriva de dicha demanda. El takt time se define como el tiempo en que debe ser producido un producto para satisfacer las necesidades del cliente o, dicho en otras palabras, la frecuencia con que un producto abandona una línea de producción. El takt time marca el ritmo de la línea de producción, la producción requerida establece el takt time, un sistema de operaciones debe basarse en el takt time, durante el takt time cada operación se produce una sola vez.

Si producimos según el takt time sincronizaremos el ritmo de la producción con las ventas, de modo que se tenga una idea de la velocidad a la que se debe producir para evitar la sobreproducción. El takt time a su vez afectará al resto del flujo: número de operarios en línea, frecuencia de alimentación de la línea, frecuencia de alimentación de la estantería dinámica y el número de componentes de proveedor consumidos.

$$TAKT = \frac{\text{tiempo de trabajo}}{\text{produccion requerida}} = \frac{\text{tiempo del turno} - \text{tiempo no productivo}}{\text{produccion} + \text{numero de piezas scrap}}$$

En la expresión anterior, el “tiempo de trabajo” o tiempo disponible, se mide regularmente en minutos, para flujos de elevado volumen se calculará en segundos. En el caso de una fábrica con una jornada laboral de ocho horas diarias (duración de un turno de trabajo), para calcular el tiempo de producción, se resta de las ocho horas los tiempos concernientes a paradas programadas normales, por ejemplo; tiempo de reuniones al inicio del turno, descansos o desayunos, etc. Por otra parte, la “producción requerida” se expresa en unidades diarias y corresponde a los pedidos de los clientes. Finalmente, cabe mencionar que las piezas scrap son las defectuosas que se han de despreciar.

Los beneficios de esta herramienta comprenden aspectos como: un ritmo estable de producción nivelada, no hay exceso de producción, un flujo de componentes estable y nivelado, un numero correcto de operarios en cada proceso, una mayor capacidad para planificar otras actividades de la producción, una minimización en el número de transportes y un control de stock de producto en curso (WIP). (Rajadell, 2010)

5. DISEÑO METODOLOGICO

El siguiente proyecto baso su metodología en las etapas de un proyecto de simulación industrial, aplicando solo aquellas etapas que tienen relación con este y ayudaron a solucionar los objetivos inicialmente planteados, a mencionar son:

- DISEÑO DEL SISTEMA: para entender el funcionamiento de las condiciones reales del sistema se utilizó la herramienta Flexsim la cual tiene como objetivo crear un ambiente de simulación para dar respuesta a las posibles fallas que el sistema está presentando, para ello las variables que se utilizaron fueron: tiempo entre llegadas de clientes, tiempo transcurrido en la fila, tiempo de venta (tiempo en que se ordena el producto), tiempo de servicio (tiempo desde la entrega del localizador por parte del cajero hasta la entrega del producto). Esta información también fue acompañada del número de clientes (día, mes, año), productos vendidos en el restaurante y tiempo de preparación de los mismos.
- RECOLECCIÓN DE DATOS: en esta etapa el estudiante recolecto la información concerniente a las variables de interés del proyecto, para ello se basó en un análisis cronometrado de los tiempos requeridos y de información suministrada por el restaurante como por ejemplo el número de clientes que visita el restaurante, los productos vendidos y su tiempo de preparación.
- ANALISIS DE ENTRADA: en esta etapa se procedió a identificar el comportamiento de los datos anteriormente mencionados bajo un enfoque estadístico realizando la prueba de bondad de ajuste que tuvo como objetivo probar de manera estadística que la distribución de la frecuencia observada se ajusta con alguna distribución teórica conocida.
- CREACION DE LA SIMULACIÓN: Una vez se realizó el estudio estadístico de los datos se creó la simulación del comportamiento del restaurante.
- DIAGNOSTICO DE LA SIMULACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO: Posteriormente con el desarrollo de la simulación se hizo un diagnóstico del comportamiento del punto de venta, para luego generar las propuestas de mejoramiento del proceso de atención a los clientes mediante la aplicación de técnicas de Lean Manufacturing.

6. DESARROLLO Y RESULTADOS

RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para realizar correctamente la simulación del sistema que se quiere trabajar y dar solución a los objetivos planteados en este proyecto se recolecto la información de las variables de interés necesarias, las cuales se mencionaran a continuación:

CLIENTES.

Se recopiló información relacionada al número de clientes diarios, mensuales y anuales, la información se presenta en las siguientes tablas:

CLIENTES DIA.

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	PROM
CLIENTES	573	551	512	505	456	533	401	496	452	444	510	534	628	451	422	497,866

TABLA #1. Clientes diarios restaurante. Autoría propia

Promedio de clientes diarios: 498

CLIENTES MES (año 2017).

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM
CLIENTES	17554	17131	17717	17164	16777	17090	17617	18202	15653	13734	15668	14890	16599,75

TABLA #2. Clientes mensuales restaurante. Autoría propia.

Promedio de clientes mensuales: 16600

CLIENTES AÑO 2016 Y 2017.

AÑO	2016	2017
CLIENTES	82925	205775

TABLA #3. Clientes anuales restaurante. Autoría propia

Se hizo la inauguración del restaurante en julio de 2016 por ello el cambio significativo en el número de clientes anual.

PRODUCTOS VENDIDOS.

	domingo	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	sabado	domingo	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	sabado	domingo	
VENTAS JULIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VENTA PROMEDIO
corral	125	124	105	90	112	88	71	127	71	61	88	77	123	105	116	98,86666667
corral queso	57	84	45	49	57	61	116	55	35	49	59	103	70	72	36	63,2
corral especial	27	23	23	23	14	19	15	23	12	12	18	17	16	16	14	18,13333333
hawaina	12	13	11	10	7	13	7	24	11	9	9	6	18	6	8	10,93333333
carne 1/2	23	15	20	25	10	26	7	20	20	11	27	18	24	14	16	18,4
mexicana	12	10	6	9	3	12	5	15	8	12	7	13	11	12	6	9,4
carne 3/4	19	13	17	8	16	20	22	11	14	8	11	11	17	13	16	14,4
filadelfia	11	8	7	10	15	6	3	4	9	5	15	7	9	6	4	7,93333333
corralita	24	9	21	11	33	31	21	20	20	24	19	27	26	26	22	22,26666667
todoterreno	102	101	66	94	70	100	84	99	80	123	100	114	124	79	87	94,86666667
casera	34	28	19	19	24	25	20	20	25	18	22	15	21	22	21	22,2
corralera	27	15	14	9	7	14	15	13	15	7	14	13	17	11	19	14
callejera	40	30	28	28	30	27	19	31	16	25	14	30	39	28	28	27,53333333
queso edicion	56	54	52	49	27	27	33	42	32	22	38	34	47	32	37	38,8
corral criolla	15	17	20	27	12	24	19	32	16	26	13	11	22	31	12	19,8
dualisima	106	89	85	74	67	66	45	63	77	60	88	100	100	52	69	76,06666667
items 100%	927	817	708	708	672	732	639	744	607	623	713	767	861	658	637	720,86666667
items 80%	690	633	539	535	504	559	502	599	461	472	542	596	684	525	511	556,8
porcentaje real	74,43366	77,47858	76,12994	75,56497	75	76,36612	78,56025039	80,51075269	75,94728	75,76244	76,01683	77,70535	79,44251	79,78723	80,21978	77,26171306

TABLA #4. Venta promedio de unidades diarias. Autoría propia

En la siguiente tabla se presentan las unidades diarias vendidas de los productos más relevantes del restaurante en un periodo de 15 días, se trata de buscar el 80% de las ventas del restaurante para posteriormente realizar un diagrama de Pareto que nos indique sobre qué productos se debe centrar el estudio de este proyecto. Como se puede observar la venta promedio de unidades vendidas es la siguiente:

corral	99
corral queso	63
corral especial	18
hawaina	11
carne 1/2	18
mexicana	9
carne 3/4	14
filadelfia	8
corralita	22
todoterreno	95
casera	22
corralera	14
callejera	27
queso edicion	39
corral criolla	20
dualisima	76

TABLA #5. Unidades promedio de venta diaria. Autoría propia

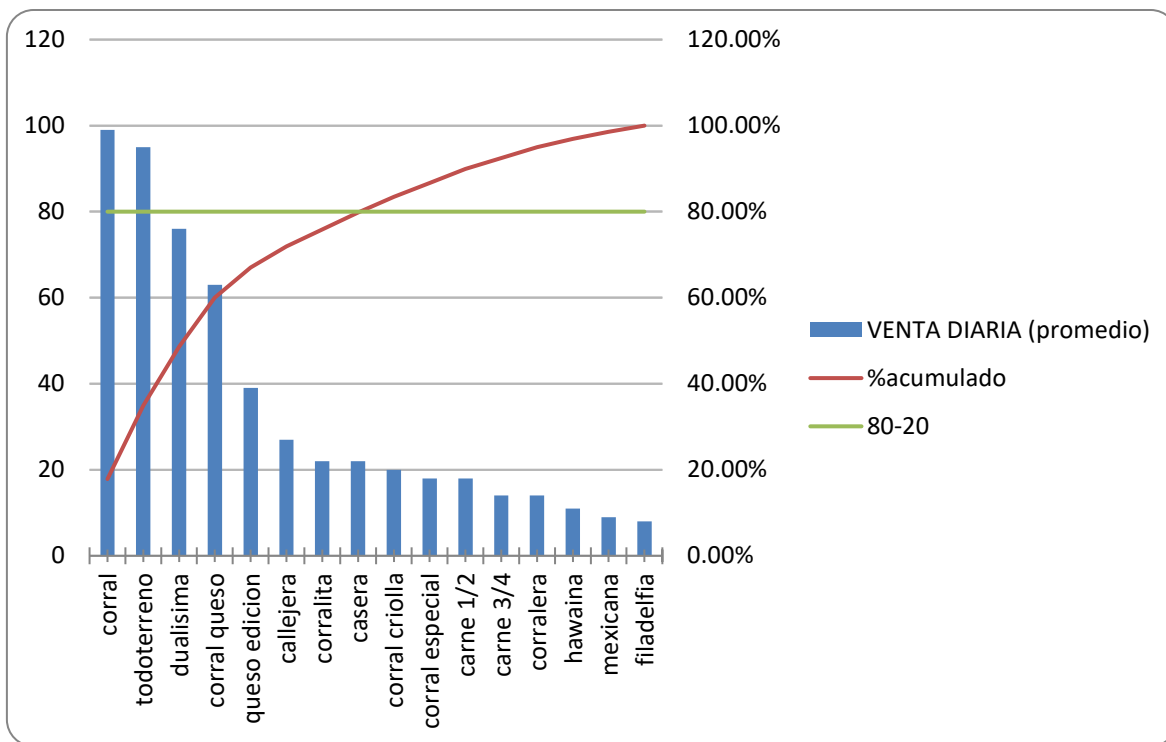


FIGURA 3. DIAGRAMA DE PARETO. Autoría propia

Realizando el diagrama de Pareto podemos observar que los productos sobre los cuales debemos centrar nuestro estudio serán los siguientes: Corral, Todoterreno, Dualisima, Corral Queso, Queso Edición, Callejera, Corralita y Casera.

TIEMPOS DE PREPARACIÓN

Una vez obtenida la información sobre qué productos debemos centrar nuestro estudio, se muestra en la siguiente tabla el tiempo de preparación de cada plato principal realizando una medida de 10 datos, obteniendo un promedio de preparación para cada hamburguesa.

TIEMPO DE PREPARACIÓN (segundos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
corral	367	332	315	362	347	313	317	331	324	343	335,1
corral queso	411	338	324	403	339	349	330	352	337	361	354,4
corralita	324	332	368	324	348	356	331	325	374	323	340,5
todoterreno	423	364	408	430	408	399	428	397	415	432	410,4
casera	628	684	647	634	628	678	636	647	639	662	648,3
callejera	346	384	370	372	355	339	364	359	340	365	359,4
queso edicion	347	334	362	347	334	361	343	349	324	330	343,1
dualisima	313	328	300	317	314	324	342	326	331	312	320,7

TABLA #6. Tiempo promedio de preparación de hamburguesas. Autoría propia

En cuanto a acompañamientos el restaurante tiene establecidos unos tiempos cronometrados para cada uno de ellos, es decir, el promedio de preparación ya está definido. Este tiempo se muestra en la siguiente tabla

PRODUCTO	TIEMPO DE PREPARACIÓN (segundos)
PAPA FRANCESA	120
CASQUITOS DE PAPA	300
YUCAS	240
PAPA EN ESPIRAL	150
ANILLOS DE CEBOLLA	150

TABLA #7. Tiempo promedio de preparación acompañamientos. Autoría propia

6. TIEMPO PREPARACION CARNES

246	238	233	251	256	249	231	244	258	256
250	241	247	260	250	234	243	246	250	241
249	240	228	249	233	232	248	237	241	247
242	259	245	234	240	249	242	233	252	240
237	233	248	246	250	264	238	232	238	236
233	246	240	250	233	260	259	241	250	249
245	250	247	249	258	250	248	229	242	236
250	232	229	238	241	234	237	256	234	238
246	241	246	246	234	242	233	252	259	242
248	259	240	233	236	250	245	249	247	233
241	239	251	239	242	246	248	260	252	245
TIEMPO PROMEDIO DE PREPARACIÓN DE CARNES (SEGUNDOS)					243,9				

TABLA #8. Tiempo promedio de preparación de carnes. Autoría propia

7. DORADO DE PAN

67	59	77	52	56	72	68	65	56	74
54	69	55	68	71	58	70	56	59	60
64	74	54	62	66	63	78	55	72	57
57	70	61	74	54	66	60	64	59	65
66	77	68	56	71	63	74	57	63	54
78	61	57	67	65	68	60	66	68	75
68	62	60	68	60	70	63	59	55	71
57	71	69	74	78	62	64	74	70	64
68	56	63	73	70	76	54	65	64	56
76	72	65	59	72	69	73	70	69	60
63	54	71	69	58	68	55	59	72	62
TIEMPO PROMEDIO DE DORADO DE PAN (SEGUNDOS)					64,8				

TABLA #9. Tiempo promedio de dorado de pan. Autoría propia

• **ENSAMBLE DE TAPAS**

76	58	57	65	65	58	54	70	72	70
58	53	65	58	70	66	50	58	58	69
54	64	58	50	50	63	48	69	55	58
60	61	60	64	50	54	70	52	63	55
68	57	57	58	61	51	54	49	52	60
51	63	57	64	56	68	50	54	58	50
55	58	63	69	60	70	63	56	65	54
57	54	64	59	72	62	68	63	49	54
63	63	68	68	70	68	65	67	63	51
69	58	56	53	62	52	53	59	58	63
54	67	67	58	54	56	59	71	50	71
TIEMPO PROMEDIO DE ENSAMBLE DE TAPAS(SEGUNDOS)					59,9				

TABLA #10. Tiempo promedio de ensamble de tapas. Autoria propia

CALCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Para calcular el tamaño de la muestra óptimo para realizar el proyecto vamos a tomar el número de clientes en el año 2017 que es el año donde se registró el mayor número de clientes con respecto a años anteriores (205.775 clientes), con un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95% y bajo el supuesto que p=q=50%

$$n = \frac{Z^2(p * q)}{e^2 + \frac{Z^2(p * q)}{N}}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

Z: nivel de confianza deseado

p: proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q: proporción de la población con la característica no deseada (fracaso)

e: nivel de error dispuesto a cometer

N: tamaño de la población

CÁLCULO DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE UNA MUESTRA

(Para la estimación de proporciones, bajo el supuesto de que $p=q=50\%$)

MARGEN DE ERROR MÁXIMO ADMITIDO	5,0%
TAMAÑO DE LA POBLACIÓN	205.775
Tamaño para un nivel de confianza del 95%	383
Tamaño para un nivel de confianza del 97%	470
Tamaño para un nivel de confianza del 99%	663

FIGURA 4. CALCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA DEL PROYECTO. Autoria propia.

Como podemos observar en la imagen el tamaño de muestra óptimo según las características mencionas anteriormente será de **383** datos.

ANALISIS DE DATOS.

1) ANALISIS DE TIEMPO DE VENTA.

Este tiempo consiste en la atención al cliente en caja, es decir, el tiempo que un cliente toma en promedio para realizar un pedido. (Ver anexo 1: Tiempos de servicio)

Data Characteristic	Value
Source file	<edited>
Observation type	Real valued
Number of observations	384
Minimum observation	30.00000
Maximum observation	231.00000
Mean	94.60677
Median	91.00000
Variance	1,367.63870
Coefficient of variation	0.39090
Skewness	0.54050

FIGURA 5. ANALISIS TIEMPO DE VENTA. Autoria propia.

Realizando el análisis de los 384 datos podemos ver una observación mínima de 30 y una máxima de 231. Observamos una media de 94,6, una mediana de 91, una varianza de 1367,6, un coeficiente de variación de 0,39 y una oblicuidad de 0,54, es decir, el grado de asimetría de la distribución con respecto a su media

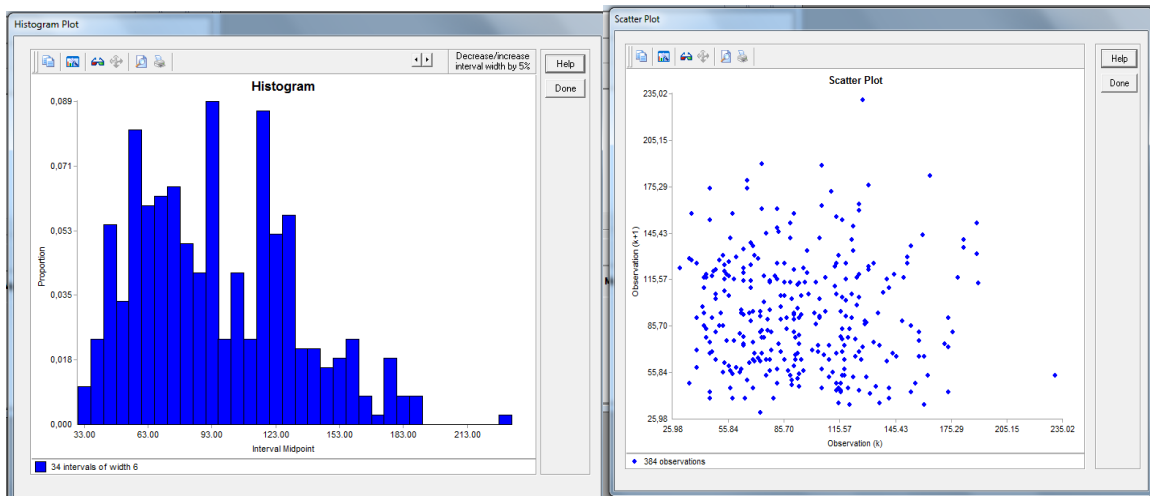


FIGURA 6. HISTOGRAMA Y GRAFICO DE DISPERSIÓN TIEMPO DE VENTA. Autoria propia.

Como podemos observar en el histograma y el grafico de dispersión encontramos un comportamiento independiente de los datos, lo que nos hace concluir que la venta no depende del cliente anterior. Además, podemos observar 2 datos atípicos en la muestra.

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	99.19	Lower endpoint	29.08110
		Upper endpoint	238.21156
		Shape #1	1.82536
		Shape #2	3.98494
2 - Johnson SB	95.97	Lower endpoint	22.25709
		Upper endpoint	237.14379
		Shape #1	0.88900
		Shape #2	1.13230
3 - Rayleigh(E)	91.94	Location	22.88123
		Scale	80.67608

32 models are defined with scores between 0.00 and 99.19

Absolute Evaluation of Model 1 - Beta

Evaluation: Good

Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Beta

"Error" in the model mean
relative to the sample mean -0.17472 = 0.18%

FIGURA 7. EVALUACIÓN DE MODELOS TIEMPO DE VENTA. Autoria propia

Realizando la evaluación de los modelos que describen el comportamiento de los datos podemos encontrar 3 que describen ese comportamiento casi en un 100%, siendo la función Beta la que mejor describe el conjunto de datos con un score de 99,19. Los puntos extremos del modelo son 29,08 (inferior) y 238,2 (superior). Se observa además que hay un error en la media del modelo con relación a la media de la muestra de 0,18%.

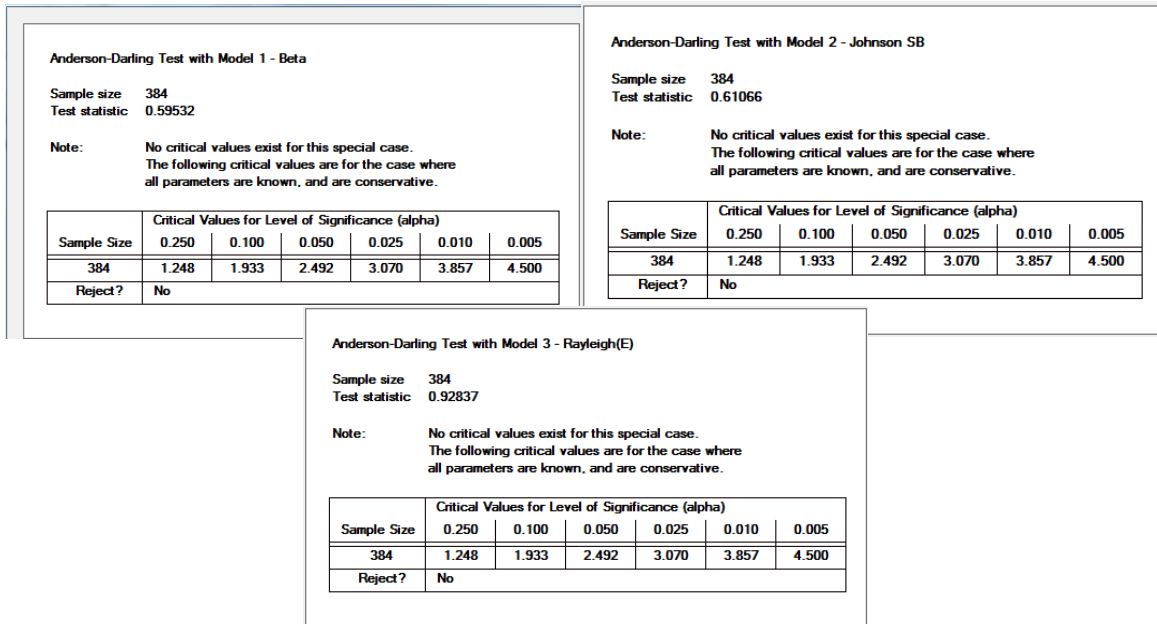


FIGURA 8. TEST ANDERSON DARLING TIEMPO DE VENTA. Autoria propia

Realizando el test de normalidad Anderson Darling que nos indica si los datos de una muestra provienen de una distribución específica podemos observar que no rechaza ninguno de los 3 modelos anteriores.

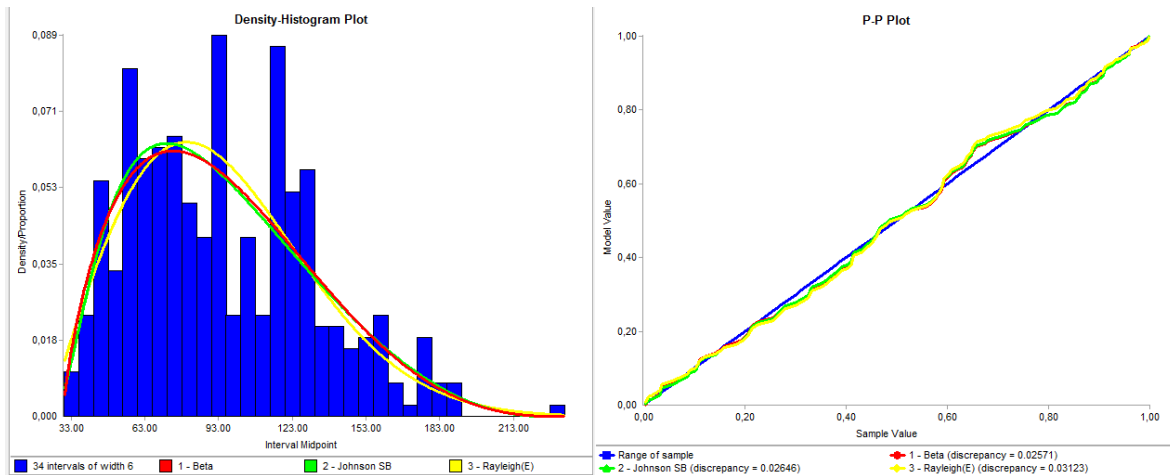


FIGURA 8. GRAFICOS DE DENSIDAD TIEMPO DE VENTA. Autoria propia.

En el gráfico de densidad podemos observar las curvas de distribución de los tres modelos que describen de mejor manera el conjunto de datos y lo alejados que están estos datos de la distribución original.

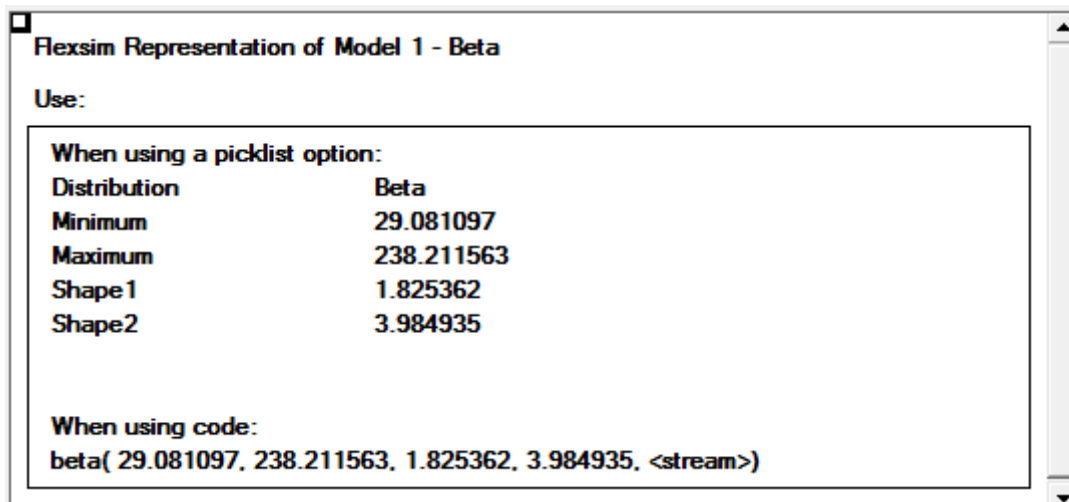


FIGURA 9. CODIGO DE SIMULACIÓN TIEMPO DE VENTA. Autoria propia.

Para efectos de simulación el código anteriormente descrito se utilizará para simular el tiempo de venta en el restaurante

2) ANALISIS DE TIEMPO ENTRE LLEGADAS.

Este dato constituye el tiempo que toma cada cliente en llegar al restaurante y formarse en la fila para ser atendido. (Ver anexo 1: Tiempos de servicio)

Data Characteristic	Value
Source file	<edited>
Observation type	Real valued
Number of observations	384
Minimum observation	0
Maximum observation	208
Mean	23.67448
Median	16.00000
Variance	699.56217
Coefficient of variation	1.11720
Skewness	3.10956

FIGURA 10. ANALISIS TIEMPO ENTRE LLEGADAS. Autoria propia.

Realizando el análisis de los 384 datos podemos ver una observación mínima de 0 y una máxima de 208. Observamos una media de 23,6, una mediana de 16, una varianza de 699,5, un coeficiente de variación de 1,1 y una oblicuidad de 3,1, es decir, el grado de asimetría de la distribución con respecto a su media

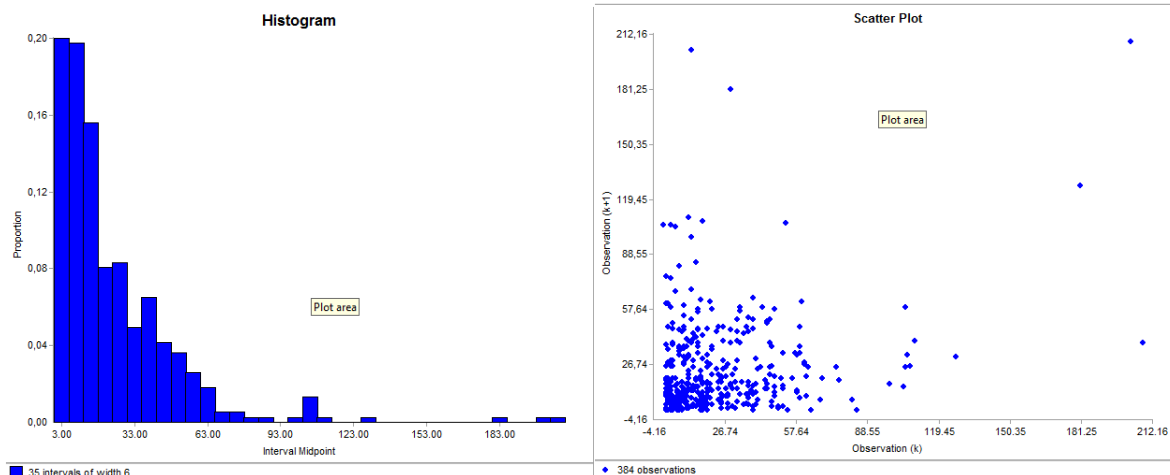


FIGURA 11. HISTOGRAMA Y GRAFICO DE DISPERSIÓN TIEMPO ENTRE LLEGADAS. Autoría propia

Como podemos observar en el histograma y el grafico de dispersión encontramos un comportamiento independiente de los datos, por la forma del histograma podemos detectar un comportamiento negativo de los datos de la muestra, podemos concluir que la venta no depende del cliente anterior. En este caso, podemos observar en este caso varios datos atípicos en la muestra ya que la mayoría se concentra en el área inferior izquierda del gráfico.

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Pearson Type VI(E)	96.05	Location	0.40202
		Scale	145.62544
		Shape #1	1.09143
		Shape #2	7.81983
2 - Weibull(E)	92.11	Location	0.49842
		Scale	22.70218
		Shape	0.95155
3 - Gamma(E)	86.84	Location	0.57041
		Scale	24.87457
		Shape	0.93131

20 models are defined with scores between 1.32 and 96.05

Absolute Evaluation of Model 1 - Pearson Type VI(E)

Evaluation: Good

Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Pearson Type VI(E)

"Error" in the model mean
relative to the sample mean 0.02870 = 0.12%

FIGURA 12. EVALUACIÓN DE MODELOS TIEMPO ENTRE LLEGADAS. Autoría propia.

Realizando la evaluación de los modelos que describen el comportamiento de los datos podemos encontrar 3 que describen ese comportamiento casi en un 100%, siendo la función

Pearson tipo VI la que mejor describe el conjunto de datos con un score de 96,05. Los puntos extremos del modelo son 29,08 (inferior) y 238,2 (superior). Se observa además que hay un error en la media del modelo con relación a la media de la muestra de 0,18%

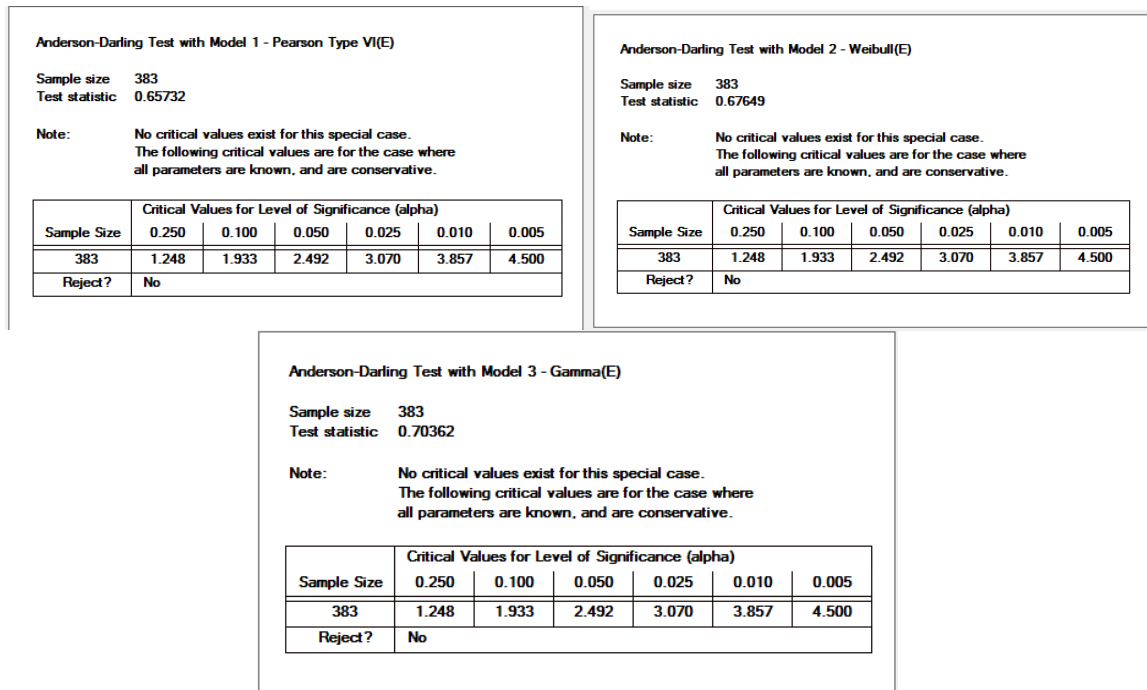


FIGURA 13. TEST ANDERSON DARLING TIEMPO ENTRE LLEGADAS. Autoria propia

Realizando el test de normalidad Anderson Darling que nos indica si los datos de una muestra provienen de una distribución específica podemos observar que no rechaza ninguno de los 3 modelos anteriores, sin embargo, el modelo Pearson sigue describiendo de una mejor manera los datos.

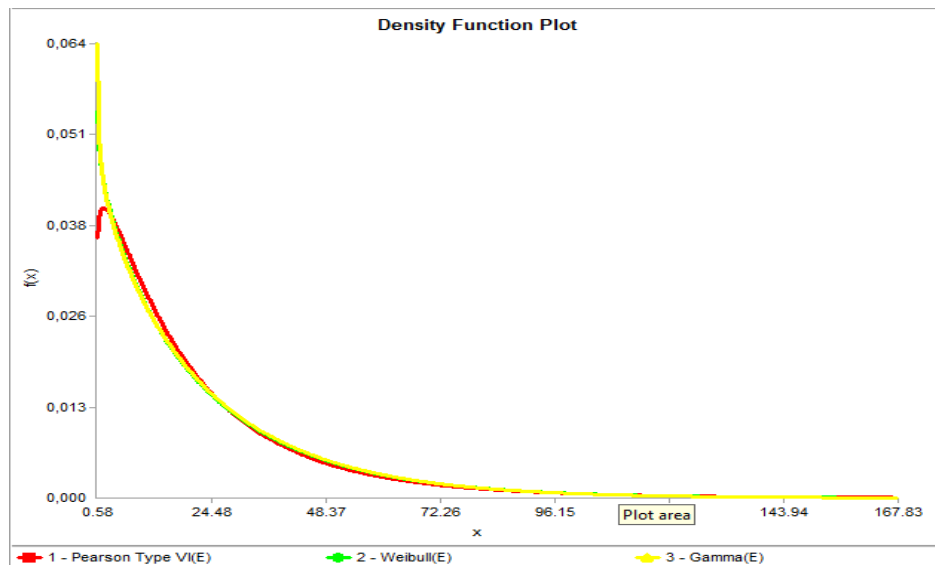


FIGURA 14. GRAFICO DE DENSIDAD TIEMPO ENTRE LLEGADAS. Autoria propia

En el siguiente gráfico de densidad podemos observar un comportamiento exponencial negativo de los datos.

■ **Flexsim Representation of Model 1 - Pearson Type VI(E)**

Use:

When using a picklist option:	
Distribution	Pearson Type 6
Location	0.402016
Scale	145.625443
Shape1	1.091431
Shape2	7.819834
When using code:	
pearsont6(0.402016, 145.625443, 1.091431, 7.819834, <stream>)	

FIGURA 15. CODIGO DE SIMULACIÓN TIEMPO ENTRE LLEGADAS. Autoria propia.

Para efectos de simulación el código anteriormente descrito se utilizará para simular el tiempo entre llegadas en el restaurante

3) ANALISIS TIEMPO EN FILA.

el siguiente dato comprende el tiempo que el cliente espera en la fila para ser atendido en caja. (Ver anexo 1: Tiempos de servicio)

Data Characteristic	Value
Source file	<edited>
Observation type	Real valued
Number of observations	384
Minimum observation	0
Maximum observation	27,174
Mean	13,828.54427
Median	13,437.00000
Variance	6.11058 e 7
Coefficient of variation	0.56528
Skewness	-0.03285

FIGURA 16. ANALISIS TIEMPO EN FILA. Autoria propia.

Realizando el análisis de los 384 datos podemos ver una observación mínima de 0 y una máxima de 27174. Observamos una media de 13828, una mediana de 13437, una varianza de 6,11, un coeficiente de variación de 0,56 y una oblicuidad negativa de -0,032, es decir, el grado de asimetría de la distribución con respecto a su media.

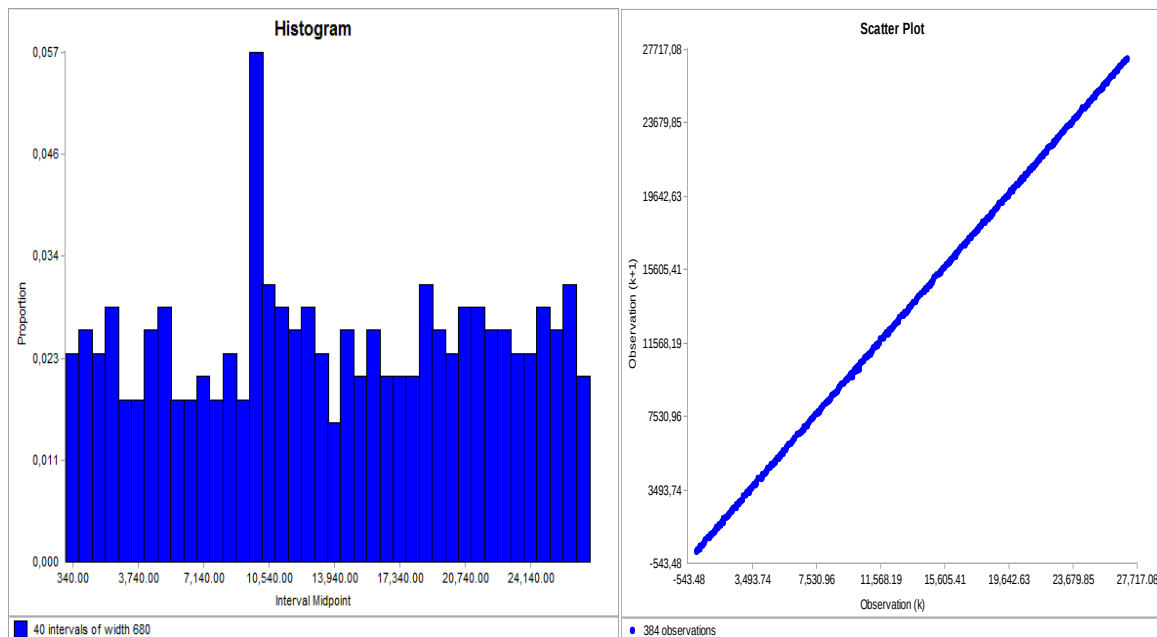


FIGURA 17. HISTOGRAMA Y GRAFICO DE DISPERSIÓN TIEMPO EN FILA. Autoria propia

Como podemos observar en el histograma y el grafico de dispersión encontramos un comportamiento lineal de los datos, lo que nos hace concluir que la espera de un cliente en la fila depende del cliente anterior.

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	96.15	Lower endpoint	0.00000
		Upper endpoint	27,209.07773
		Shape #1	0.93041
		Shape #2	0.94050
2 - Uniform	96.15	Lower endpoint	1.00000 e -8
		Upper endpoint	27,174.00000
3 - Weibull	76.92	Location	0.00000
		Scale	15,062.52473
		Shape	1.54782

14 models are defined with scores between 0.00 and 96.15

Absolute Evaluation of Model 1 - Beta

Evaluation: Good

Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Beta

"Error" in the model mean
relative to the sample mean 297.4182 = 2.15%

FIGURA 18. EVALUACIÓN DE MODELOS TIEMPO EN FILA. Autoria propia.

Realizando la evaluación de los modelos que describen el comportamiento de los datos podemos encontrar 3 que describen ese comportamiento casi en un 100%, siendo la función Beta la que mejor describe el conjunto de datos con un score de 96,15. Los puntos extremos del modelo son 0 (inferior) y 27209 (superior). Se observa además que hay un error en la media del modelo con relación a la media de la muestra de 2,15%.

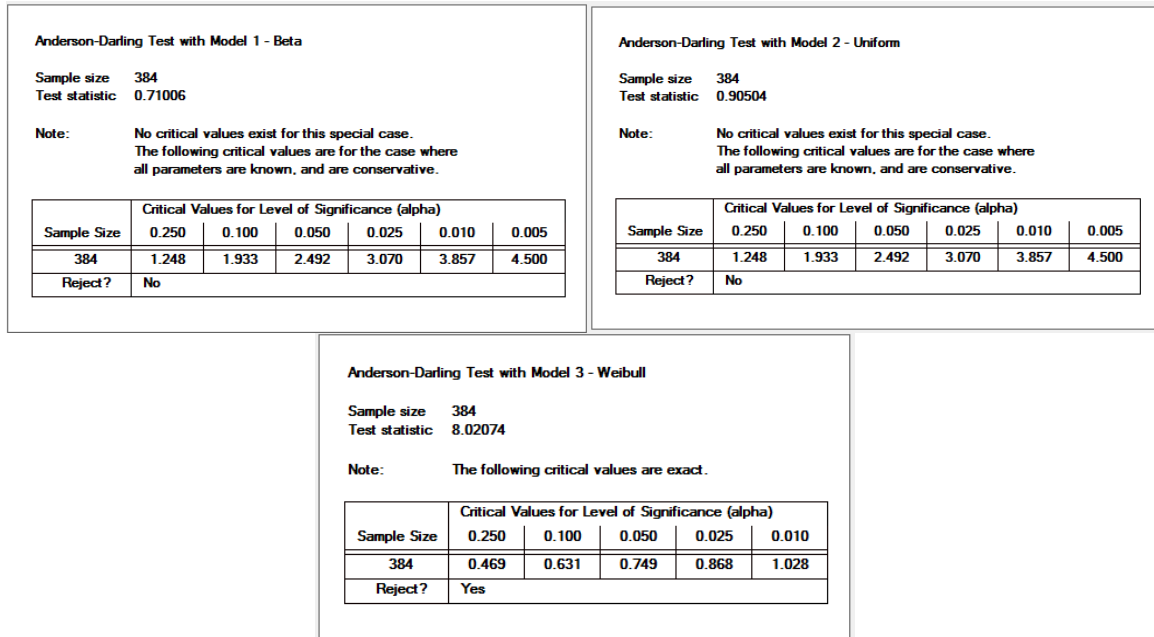


FIGURA 19. TEST ANDERSON DARLING TIEMPO EN FILA. Autoria propia.

Realizando el test de normalidad Anderson Darling podemos observar que no rechaza los modelos beta y Uniform, sin embargo, el modelo Weibull si es rechazado por la prueba de normalidad.

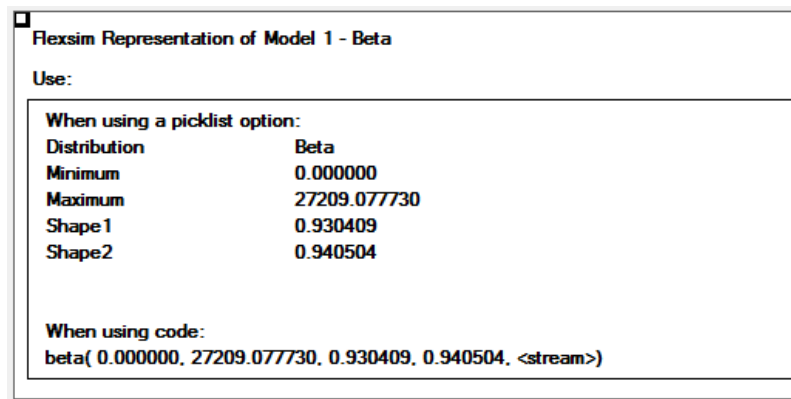


FIGURA 20. CODIGO DE SIMULACIÓN TIEMPO EN FILA.

Para efectos de simulación el código anteriormente descrito se utilizará para simular el tiempo en la fila del restaurante.

4) ANALISIS DURACIÓN DE SERVICIO.

Este dato corresponde a la duración del cliente dentro del sistema. (Ver anexo 1: Tiempos de servicio)

Data Characteristic	Value
Source file	<edited>
Observation type	Real valued
Number of observations	384
Minimum observation	340
Maximum observation	963
Mean	559.30990
Median	502.50000
Variance	22,777.85411
Coefficient of variation	0.26984
Skewness	0.88313

FIGURA 21. ANALISIS TIEMPO DE SERVICIO. Autoria propia.

Realizando el análisis de los 384 datos podemos ver una observación mínima de 340 y una máxima de 963. Observamos una media de 559,3, una mediana de 502.5, una varianza de 22777,8, un coeficiente de variación de 0,26 y una oblicuidad de 0,88, es decir, el grado de asimetría de la distribución con respecto a su media.

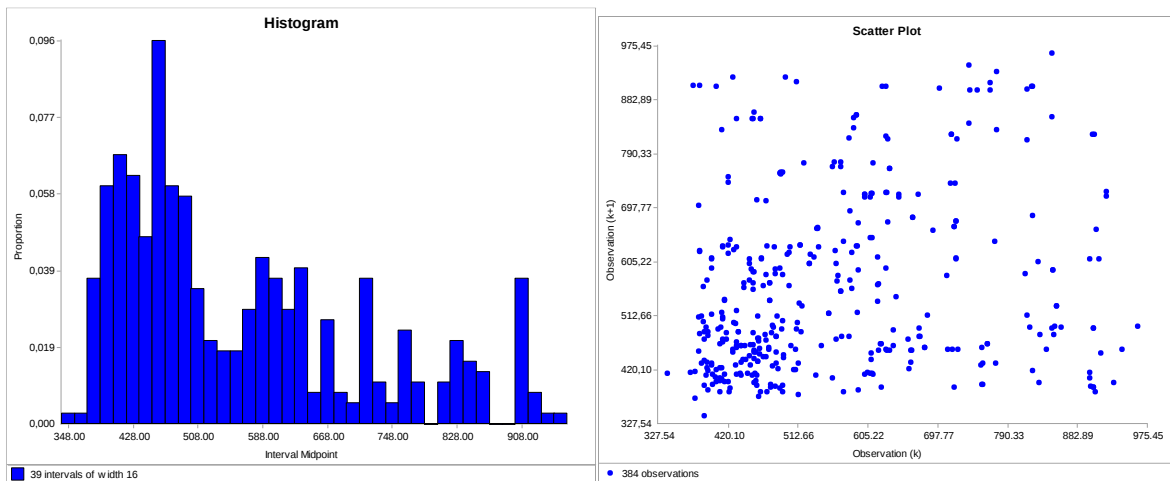


FIGURA 22. HISTOGRAMA Y DIAGRAMA DE DISPERSIÓN TIEMPO DE SERVICIO. Autoria propia.

Como podemos observar en el histograma y el diagrama de dispersión, los datos se comportan de una manera independiente, lo que nos hace concluir que el tiempo de duración de servicio no depende del cliente anterior.

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Random Walk(E)	95.16	Location	333.49380
		Scale	0.00742
		Shape	0.01098
2 - Johnson SB	93.55	Lower endpoint	339.65672
		Upper endpoint	1,585.02820
		Shape #1	1.91585
		Shape #2	1.07103
3 - Inverse Gaussian(E)	91.13	Location	325.91238
		Scale	233.39751
		Shape	414.51234

32 models are defined with scores between 1.61 and 95.16

Absolute Evaluation of Model 1 - Random Walk(E)

Evaluation: Indeterminate

Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab are strongly recommended.

See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Random Walk(E)

"Error" in the model mean
relative to the sample mean

0

FIGURA 23. EVALUACIÓN DE MODELOS TIEMPO DE SERVICIO. Autoria propia.

Realizando la evaluación de los modelos que describen el comportamiento de los datos podemos encontrar 3 que describen ese comportamiento casi en un 100%, siendo la función Random Walk la que mejor describe el conjunto de datos con un score de 95,16, sin embargo, se observa que es una evaluación indeterminada por ende nos pide como sugerencia usar evaluaciones adicionales.

Anderson-Darling Test with Model 1 - Random Walk(E)

Sample size 384
Test statistic 1.72246

Note: No critical values exist for this special case.
The following critical values are for the case where all parameters are known, and are conservative.

	Critical Values for Level of Significance (alpha)					
Sample Size	0.250	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
384	1.248	1.933	2.492	3.070	3.857	4.500
Reject?	Yes	No				

Anderson-Darling Test with Model 2 - Johnson SB

Sample size 384
Test statistic 1.58334

Note: No critical values exist for this special case.
The following critical values are for the case where all parameters are known, and are conservative.

	Critical Values for Level of Significance (alpha)					
Sample Size	0.250	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
384	1.248	1.933	2.492	3.070	3.857	4.500
Reject?	Yes	No				

Anderson-Darling Test with Model 3 - Inverse Gaussian(E)

Sample size 384
Test statistic 2.05165

Note: No critical values exist for this special case.
The following critical values are for the case where all parameters are known, and are conservative.

	Critical Values for Level of Significance (alpha)					
Sample Size	0.250	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
384	1.248	1.933	2.492	3.070	3.857	4.500
Reject?	Yes		No			

FIGURA 24. TEST ANDERSON DARLING TIEMPO DE SERVICIO. Autoria propia.

Realizando el test de normalidad Anderson Darling podemos observar que el test no rechaza, pero tampoco acepta los modelos que describen de mejor manera este conjunto de datos

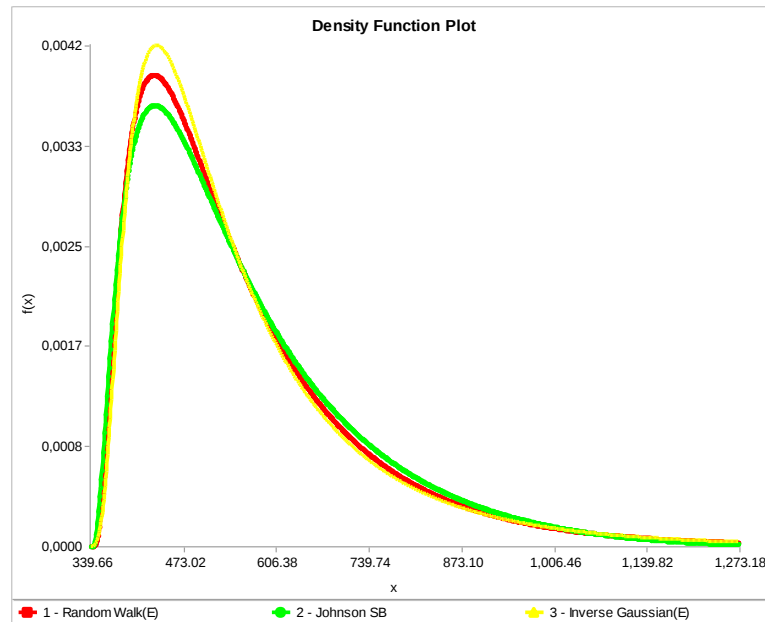


FIGURA 25. DIAGRAMA DE DENSIDAD TIEMPO DE SERVICIO. Autoria propia.

Como podemos observar en el diagrama de densidad los datos podrían comportarse de una manera normal con un sesgo evidente hacia el lado izquierdo del gráfico.

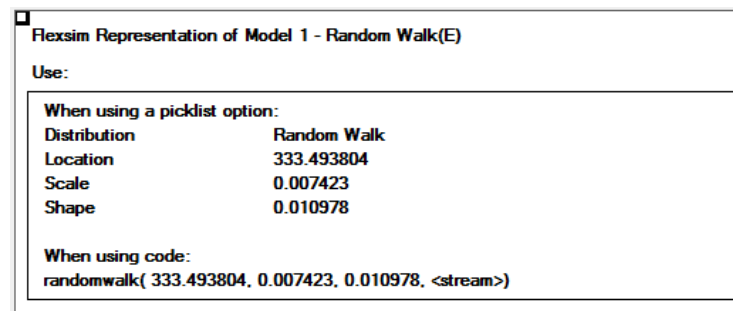


FIGURA 26. CODIGO DE SIMULACIÓN TIEMPO DE SERVICIO.

Para efectos de simulación el código anteriormente descrito se utilizará para simular el tiempo de duración de servicio del restaurante.

MODELO DE SIMULACIÓN.

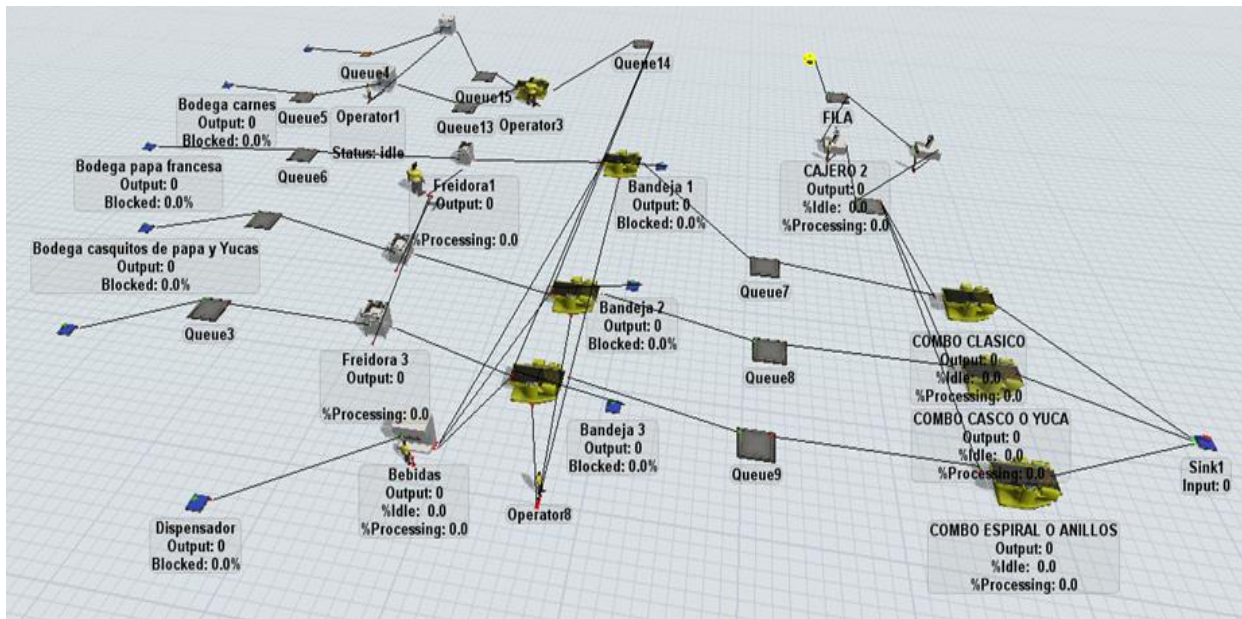


FIGURA 26. MODELO DE SIMULACIÓN. Autoria propia.

Una vez realizado el estudio estadístico de los datos se procede a realizar la simulación en el programa Flexsim con las siguientes características:

PROCESSORS: Se cuenta con 2 processor para el proceso de atención al cliente, 2 processor para la preparación de carnes y dorado del pan, 3 processor para el freído de los distintos acompañamientos (papa francesa, cascots de papa, yucas, anillos de cebolla y papa en espiral) y 1 processor para las bebidas de los pedidos.

COMBINERS: se cuenta con 1 combiner donde se ensambla la carne, el pan y las verduras, 3 combiner para el ensamble de la hamburguesa, el acompañamiento y la bebida correspondiente y 3 combiner cuyo objetivo es simular la entrega del pedido a su respectivo cliente y crear la salida del sistema.

OPERARIOS: se cuenta con dos operarios para el proceso de atención al cliente en caja, 1 operario para el proceso de preparación de carnes y dorado de pan, 1 operario encargado del ensamble de carne, verdura y pan, 1 operario para el proceso de las tres máquinas de freído, 1 operario para el ensamble de hamburguesa, acompañamiento y bebida para ser entregado y una persona encargada de servir las bebidas.

APLICACIÓN DE TEORIA DE COLAS EN EL PROYECTO.

Una vez obtenido el diagnóstico de la simulación se procede a utilizar las fórmulas de teoría de colas con el objetivo de corroborar la información obtenida y verificar si la teoría concuerda con la realidad y viceversa. Para ello nos basaremos en las fórmulas de teoría de colas con más de un servidor (M/M/s) que se muestran a continuación:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} + \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^s}{s!} \left(\frac{1}{1 - (\frac{\lambda}{s\mu})} \right)}$$

$$L_s = \frac{\lambda \mu (\frac{\lambda}{\mu})^s P_0}{(s-1)! (s\mu - \lambda)^2} + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

$$L_q = P_0 \left[\frac{(\frac{\lambda}{\mu})^{s-1}}{(s-1)! \left(s - \frac{\lambda}{\mu} \right)^2} \right]$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

Donde:

P_0 = probabilidad de que ningun cliente se encuentre en el sistema

L_s = numero promedio de unidades en el sistema

W_s = tiempo promedio en el que una unidad esta dentro del sistema

L_q = numero de clientes en la fila

W_q = tiempo de espera en la fila

Se conoce la siguiente información:

Tiempo promedio entre llegadas: 23,67 segundos, es decir 2,53 clientes/minuto. $\lambda = 2,53$

Tiempo promedio de atención: 94.6 s es decir 1,5 clientes/minuto. $\mu = 1,5$

realizando la sustitución de las formulas anteriormente mencionadas obtendremos:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\frac{2.53}{1.5})^n}{n!} + \frac{(\frac{2.53}{1.5})^2}{2!} \left(\frac{1}{1 - (\frac{2.53}{2 * 1.5})} \right)}$$

$$P_0 = 0,23$$

$$L_s = \frac{2.53 * 1.5 \left(\frac{2.53}{1.5}\right)^2 0.23}{(2-1)!(2 * 1.5 - 2.5)^2} + \frac{2.5}{1.5}$$

$$L_s = 12.84 \frac{\text{clientes}}{\text{minuto}}$$

$$W_s = \frac{12,84}{2,53}$$

$$W_s = 5.07 \text{ minutos}$$

$$L_q = 0,23 \left[\frac{\left(\frac{2.53}{1.5}\right)^{2-1}}{(2-1)!\left(2 - \frac{2.53}{1.5}\right)^2} \right]$$

$$L_q = 11,22 \text{ clientes}$$

$$W_q = \frac{11,22}{2.53}$$

$$W_q = 4.403 \text{ minutos}$$

Se puede concluir que la probabilidad de que ningún cliente se encuentre en el sistema será de 23%, el numero promedio de unidades en el sistema será de 12,84 clientes por minuto. Teóricamente el tiempo en el que el cliente permanecerá en el sistema será de 5,07 minutos, comparando con los datos estudiados donde se observa que el promedio de tiempo en el que el cliente estará en el sistema es de 559,3 segundos (9,32 minutos) se observa una gran diferencia, cabe resaltar que el dato λ y μ tiene un gran rango entre la observación mínima y máxima lo que puede hacer que teóricamente no se dé el resultado esperado. El número de clientes en la fila será de 11,22 clientes/minuto.

DIAGNOSTICO DE LA SIMULACIÓN.

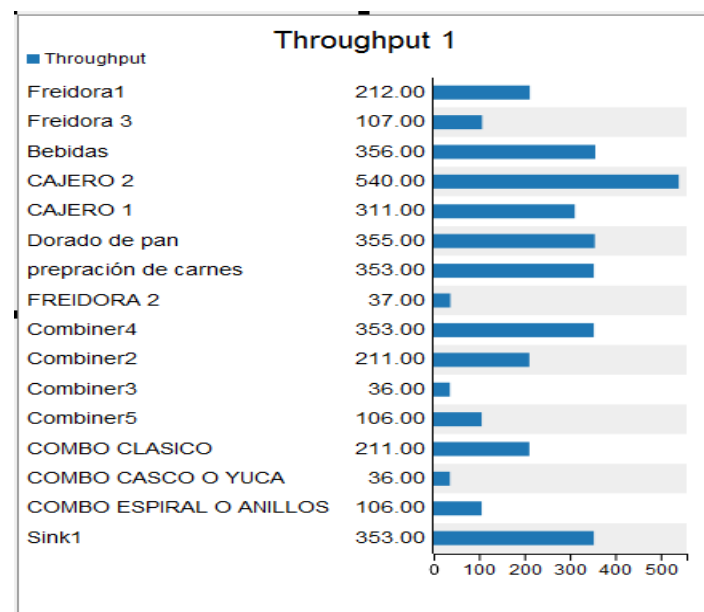


FIGURA 27. SALIDAS DE LA SIMULACIÓN. Autoria propia.

Realizada la simulación ubicando un solo processor que dará salida a la preparación de las carnes podemos observar que la salida en un lapso de 86400 segundos (1 día) será de 353 (353 clientes u órdenes en el restaurante).

Utilizando la herramienta del programa Flexsim “Dashboard” la cual tiene como objetivo dar un diagnóstico de la simulación podemos encontrar la siguiente información:

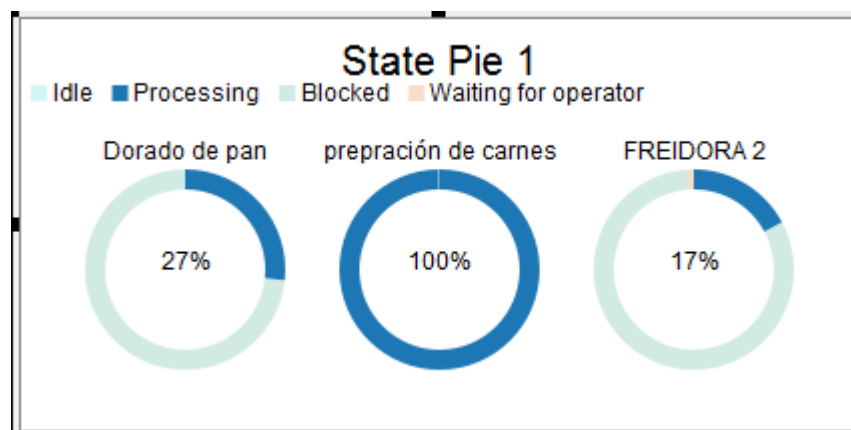


FIGURA 28. UTILIZACION DE PROCESSORS. Autoria propia.

En cuanto a los processors utilizados en la simulación podemos ver que el utilizado para preparación de carnes cumple al 100% con su labor sin tener tiempo ocioso, el dorado de pan solo tiene un 27% de procesamiento debido al tiempo que tiene que esperar a la preparación de la carne para poderse ensamblar (243,9 segundos). La freidora 2 tiene un

tiempo de procesamiento de 17% debido a que los productos que se procesan en esta freidora son los menos usuales y los que más tiempo se tarda en preparar (casquitos de papa y yucas) se puede agregar que el 1,1% del tiempo se gasta en esperar al operario, el restante 82% será tiempo ocioso de la máquina.

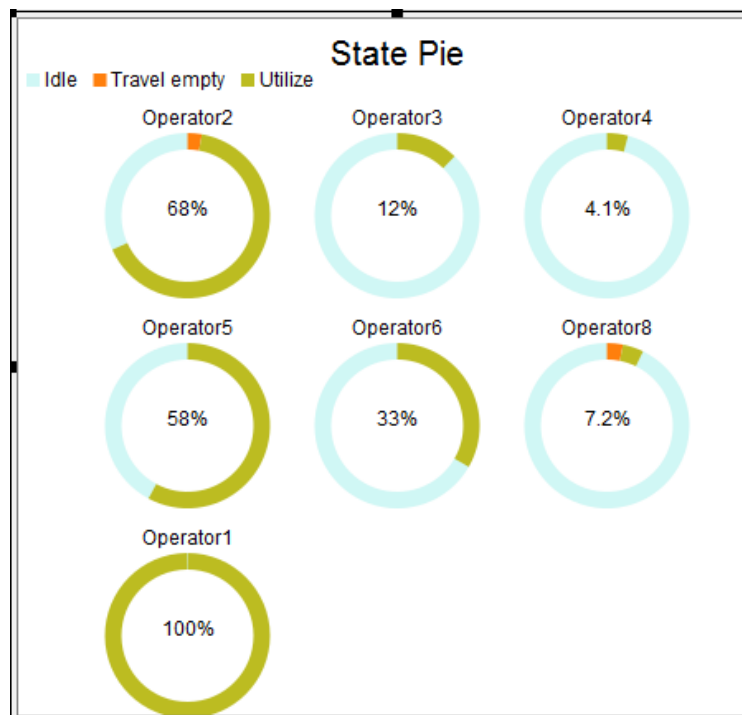


FIGURA 29. UTILIZACION DE OPERARIOS SIMULACIÓN. Autoria propia.

En el análisis de los operarios podemos ver los siguientes comportamientos:

- Operario 1: encargado de operar la máquina de preparación de carnes y dorado de pan tiene un 100% de utilidad.
- Operario 2: encargado de operar las 3 freidoras del restaurante tiene una utilidad del 68% del tiempo, un 2,8% corresponde al traslado del operario entre freidores (travel empty) y 32% de tiempo ocioso por la espera de la preparación de la carne y el ensamble con el pan.
- Operario 3: encargado de realizar el ensamble de la carne y el pan tiene una utilidad de 12% ya que su tiempo activo solo será de 30 segundos, el tiempo restante se utilizará en la espera del producto a su estación de trabajo.
- Operario 4: encargado de servir las bebidas tiene una utilidad de 4,1% ya que su actividad solo dura 10 segundos y depende de la preparación de los demás productos del restaurante.
- Operario 5 y 6: encargados de la atención al cliente en caja tienen una utilidad en conjunto de 91% el tiempo ocioso se deberá a la espera del cliente o tiempos muertos en el restaurante.
- Operario 8: encargado de la entrega de los productos en su respectiva bandeja tiene una utilidad de 4,1% el tiempo restante corresponderá a la espera de los productos (hamburguesa, acompañamiento y bebida) a su estación de trabajo.

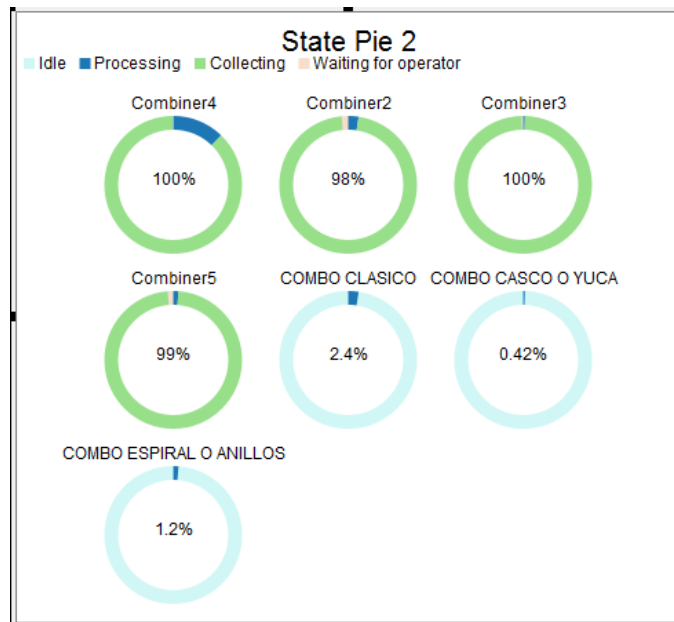


FIGURA 30. UTILIZACION DE COMBINERS SIMULACIÓN. Autoria propia.

Observando el comportamiento de los combiner en la simulación podemos extraer la siguiente información:

- Solo tienen un tiempo promedio de uso del 2% exceptuando el combiner 4 que es el encargado de realizar el ensamble del pan, las carnes y las verduras con un 12%
- Alrededor del 98% del tiempo los combiner están esperando las partes necesarias para procesar.
- los combiner 2,3 y 5 donde se ensambla la hamburguesa, el acompañamiento y la bebida tienen un porcentaje de 1,5; 0,34 y 1,3 respectivamente de espera por el operador, ya que es un operador el encargado de operar los 3 combiner.
- Los combiner “combo clásico”, “combo casco o yuca” y “combo espiral o anillos” tienen una utilidad de 2,4%, 0,42% y 1,2% respectivamente, aproximadamente un 98% del tiempo será ocioso ya que está a la espera del ensamble de todo el pedido y la llegada del cliente a recogerlo, cabe anotar que solo tiene un tiempo de proceso de 10 segundos (tiempo de entrega al cliente).

PLAN DE MEJORAMIENTO.

CALCULO DEL TAKT TIME.

Para hallar el takt time vamos a tomar como referencia la tabla # 4 con el fin de encontrar la demanda del cliente, para ello vamos a sumar la venta promedio de cada hamburguesa por ser el plato principal. El dato obtenido es 557 hamburguesas al día.

DEMANDA DEL CLIENTE	557	Cientes/día
DIA DE TRABAJO	86400	segundos
PAUSAS DE DESCANSOS (3 pausas de 30 minutos al día)	5400	segundos
DISPONIBILIDAD DE LAS MAQUINAS	100%	

TABLA #11. CALCULO DE TAKT TIME. Autoria propia.

$$TAKT = \frac{(86400 s - 5400s)(1)}{557} = \frac{81000}{557} \approx 146,4 \text{ segundos/und}$$

Se puede concluir que se tiene que producir una orden cada 146,4 segundos para satisfacer la necesidad del cliente.

BALANCEO DE LINEA.

Teniendo en cuenta el cálculo del takt time se procede a realizar el balanceo de línea teniendo las siguientes formulas presentes:

$$\text{tiempo total de operaciones} = \sum \text{tiempos estandar}$$

$$\text{tiempo de ciclo} = \frac{\text{tiempo de produccion por dia}}{\text{cantidad de producto requerida en unidades}}$$

$$\text{Número de operarios necesarios totales } (N_t) = \frac{\text{tiempo total de operaciones}}{\text{tiempo de ciclo}}$$

$$\text{cantidad a fabricar por operario} = \frac{\text{tiempo de produccion por dia} * \text{numero de operarios}}{\text{tiempo estandar operacion}}$$

$$\text{operarios calculado } (N_t) = \frac{\text{tiempo estadar operacion}}{\text{takt time}}$$

Se realiza un balanceo de línea para cada acompañamiento como se muestra a continuación:

ACOMPANAMIENTO: PAPAS, SIN BALANCEO							
	OPERACIONES	MAQUINARIA	TIEMPO ESTANDAR SEGUNDOS	OPERARIOS INICIALMENTE ASIGNADOS	APROXIMACION DE OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO DE FABRICACIÓN	CANTIDAD A FABRICAR/ OPERARIO
1	atencion cliente en caja	caja registradora	94,6	2	2	94,6	1826,638478
2	Preparacion de carnes	plancha	243,9	1	1	243,9	354,2435424
3	dorado de pan	plancha	64,8			64,8	1333,333333
4	ensamble pan, carne y verduras		59,9	1	1	59,9	1442,404007
5	freido papas	freidora	120	1	1	120	720
8	servir bebida	dispensador	10	1	1	10	8640
9	ensamble hamburguesa, acompañamiento y bebida en bandeja		10	1	1	10	8640
10	entregar orden		10			10	8640

TABLA #12. ACOMPANAMIENTO: PAPAS, SIN BALANCEO. Autoria propia.

tiempo total de las operaciones	613,2
tiempo de ciclo (segundos)	155,1166966
numero de operarios (Nt)	3,953152778

TABLA #13. APLICACIÓN DE FORMULAS ACOMPANAMIENTO PAPAS. Autoria propia.

BALANCEO DE LINEA ACOMPAÑAMIENTO: PAPAS								
	OPERACIONES	MAQUINARIA	TIEMPO ESTANDAR SEGUNDOS	OPERARIOS CALCULADO Nt	APROXIMACION DE OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO DE FABRICACIÓN	CANTIDAD A FABRICAR/ OPERARIO	tiempo estandar* operario calculado (min)
1	atencion cliente en caja	caja registradora	94,6	0,646174863	1	94,6	553,2786885	1,018802368
2	Preparacion de carnes	plancha	243,9	1,665983607	2	243,9	553,2786885	6,772223361
3	dorado de pan	plancha	64,8	0,442622951	1	64,8	553,2786885	0,478032787
4	ensamble pan, carne y verduras		59,9	0,409153005		59,9	553,2786885	0,408471084
5	freido papas	freidora	120	0,819672131	1	120	553,2786885	1,639344262
8	servir bebida	dispensador	10	0,068306011		10	553,2786885	0,011384335
9	ensamble hamburguesa, acompañamiento y bebida en bandeja		10	0,068306011		10	553,2786885	0,011384335
10	entregar orden		10	0,068306011		10	553,2786885	0,011384335

TABLA #14. BALANCEO DE LINEA ACOMPANAMIENTO: PAPAS. Autoria propia

ACOMPAÑAMIENTO: CASQUITOS DE PAPA Y YUCAS, SIN BALANCEO							
	OPERACIONES	MAQUINARIA	TIEMPO ESTANDAR SEGUNDOS	OPERARIOS INICIALMEN TE ASIGNADOS	APROXIMACION DE OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO DE FABRICACIÓN	CANTIDAD A FABRICAR/ OPERARIO
1	atencion cliente en caja	caja registradora	94,6	2	2	94,6	1826,638478
2	Preparacion de carnes	plancha	243,9	1	1	243,9	354,2435424
3	dorado de pan	plancha	64,8			64,8	1333,333333
4	ensamble pan, carne y verduras		59,9	1	1	59,9	1442,404007
5	freido casquitos y yucas	freidora	300	1	1	120	288
8	servir bebida	dispensador	10	1	1	10	8640
9	ensamble hamburguesa, acompañamiento y bebida en bandeja		10	1	1	10	8640
10	entregar orden		10			10	8640

TABLA #15. ACOMPAÑAMIENTO: CASQUITOS DE PAPA Y YUCAS, SIN BALANCEO.
Autoria propia.

tiempo total de las operaciones	793,2
tiempo de ciclo (segundos)	155,1166966
numero de operarios (Nt)	5,113569444

TABLA #16. APLICACIÓN DE FORMULAS ACOMPAÑAMIENTO: CASQUITOS DE PAPAS Y YUCAS. *Autoria propia.*

BALANCEO DE LINEA ACOMPAÑAMIENTO: CASQUITOS DE PAPA Y YUCAS							
	OPERACIONES	MAQUINARIA	TIEMPO ESTANDAR SEGUNDOS	OPERARIOS CALCULADO Nt	APROXIMACION DE OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO DE FABRICACIÓN	CANTIDAD A FABRICAR/ OPERARIO
1	atencion cliente en caja	caja registradora	94,6	0,64617486	1	94,6	553,2786885
2	Preparacion de carnes	plancha	243,9	1,66598361	2	243,9	553,2786885
3	dorado de pan	plancha	64,8	0,44262295	1	64,8	553,2786885
4	ensamble pan, carne y verduras		59,9	0,40915301		59,9	553,2786885
5	freido Casquitos y yucas	freidora	300	2,04918033		120	553,2786885
8	servir bebida	dispensador	10	0,06830601		10	553,2786885
9	ensamble hamburguesa, acompañamiento y bebida en bandeja		10	0,06830601	1	10	553,2786885
10	entregar orden		10	0,06830601		10	553,2786885

TABLA #17. BALANCEO DE LINEA ACOMPAÑAMIENTO: CASQUITOS DE PAPA Y YUCAS. *Autoria propia.*

ACOMPAÑAMIENTO: PAPAS ESPIRAL Y ANILLOS DE CEBOLLA, SIN BALANCEO							
	OPERACIONES	MAQUINARIA	TIEMPO ESTANDAR SEGUNDOS	OPERARIOS INICIALMENTE ASIGNADOS	APROXIMACION DE OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO DE FABRICACIÓN	CANTIDAD A FABRICAR/ OPERARIO
1	atencion cliente en caja	caja registradora	94,6	2	2	94,6	1826,638478
2	Preparacion de carnes	plancha	243,9	1	1	243,9	354,2435424
3	dorado de pan	plancha	64,8			64,8	1333,333333
4	ensamble pan, carne y verduras		59,9	1	1	59,9	1442,404007
5	freido papa espiral y anillos	freidora	150	1	1	120	576
8	servir bebida	dispensador	10	1	1	10	8640
9	ensamble hamburguesa, acompañamiento y bebida en bandeja		10	1	1	10	8640
10	entregar orden		10			10	8640

TABLA #18. ACOMPAÑAMIENTO; PAPA ESPIRAL Y ANILLOS DE CEBOLLA, SIN BALANCEO. Autoría propia.

tiempo total de las operaciones	643,2
tiempo de ciclo (segundos)	155,1166966
numero de operarios (Nt)	4,146555556

TABLA #19. APLICACIÓN DE FORMULAS ACOMPAÑAMIENTO: PAPA ESPIRAL Y ANILLOS DE CEBOLLA. Autoría propia.

BALANCEO DE LINEA ACOMPAÑAMIENTO: PAPAS ESPIRAL Y ANILLOS DE CEBOLLA							
	OPERACIONES	MAQUINARIA	TIEMPO ESTANDAR SEGUNDOS	OPERARIOS CALCULADO Nt	APROXIMACION DE OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO DE FABRICACIÓN	CANTIDAD A FABRICAR/ OPERARIO
1	atencion cliente en caja	caja registradora	94,6	0,646174863	1	94,6	553,2786885
2	Preparacion de carnes	plancha	243,9	1,665983607	2	243,9	553,2786885
3	dorado de pan	plancha	64,8	0,442622951	1	64,8	553,2786885
4	ensamble pan, carne y verduras		59,9	0,409153005		59,9	553,2786885
5	freido papa espiral y anillos	freidora	150	1,024590164		120	553,2786885
8	servir bebida	dispensador	10	0,068306011		10	553,2786885
9	ensamble hamburguesa, acompañamiento y bebida en bandeja		10	0,068306011	1	10	553,2786885
10	entregar orden		10	0,068306011		10	553,2786885

TABLA #20. BALANCEO DE LINEA ACOMPAÑAMIENTO: PAPA ESPIRAL Y ANILLOS DE CEBOLLA. Autoría propia.

Se puede concluir que, según el balanceo de línea se necesitan 5 operarios en el modelo.

MODELO CON BALANCEO DE LINEA.

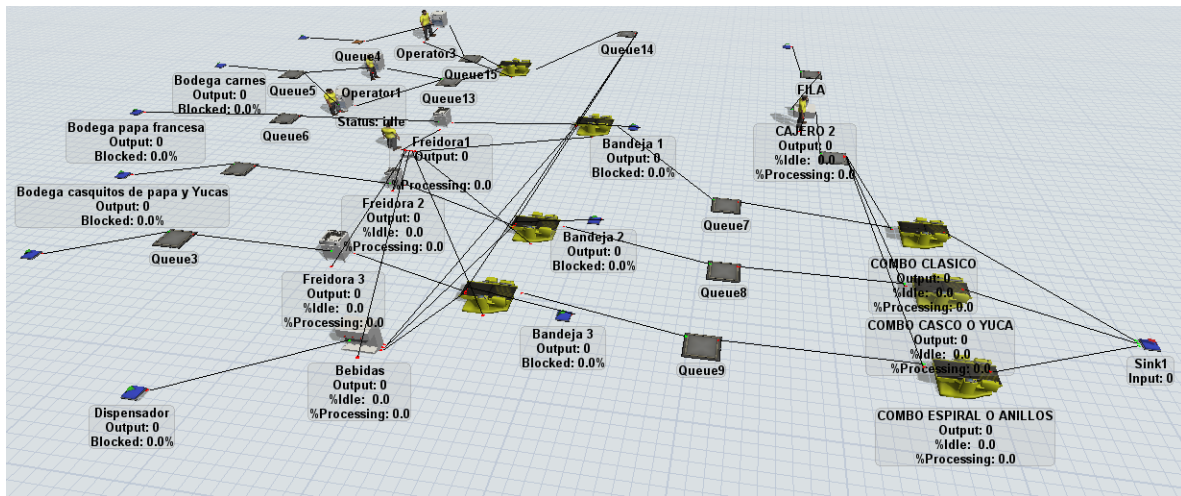


FIGURA 31. MODELO CON BALANCEO DE LINEA. Autoria propia.

Realizada la simulación ubicando dos processor que darán salida a la preparación de las carnes y los operarios requeridos según el balanceo de línea podemos observar que la salida en un lapso de 86400 segundos (1 día) será de 400 (400 clientes u órdenes en el restaurante).

Utilizando la herramienta del programa Flexsim “Dashboard” la cual tiene como objetivo dar un diagnóstico de la simulación podemos encontrar la siguiente información:

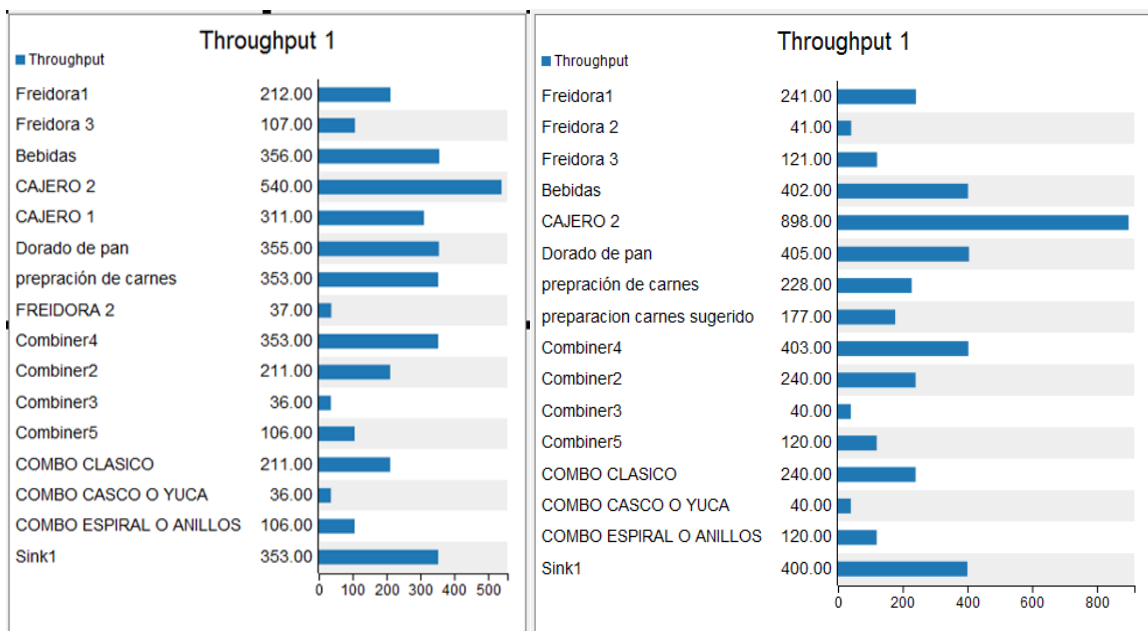


FIGURA 32. SALIDAS DE LA SIMULACIÓN, COMPARACIÓN. Autoria propia

Comparado con el modelo donde solo tenemos 1 processor podemos observar una notable mejoría ya que de 353 salidas al final del modelo pasamos a tener 400. Una mejora de 13.3% con respecto al primer modelo.

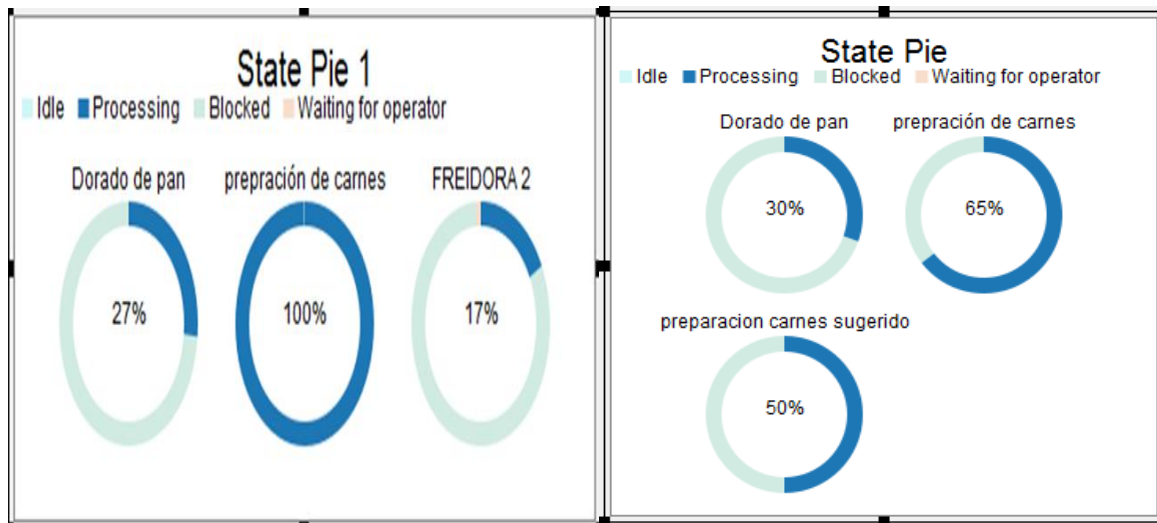


FIGURA 33. UTILIZACIÓN DE PROCESSORS, COMPARACIÓN. Autoria propia.

Podemos observar una mejoría en el proceso de dorado de pan ya que pasamos de tener un 27% de utilidad a un 30%, se seguirá manejando un tiempo ocioso ya que este proceso dependerá estrictamente de la preparación de las carnes. Por otro lado, el haber colocado otra máquina para la preparación de carnes disminuyó un 35% de utilidad de la máquina principal.

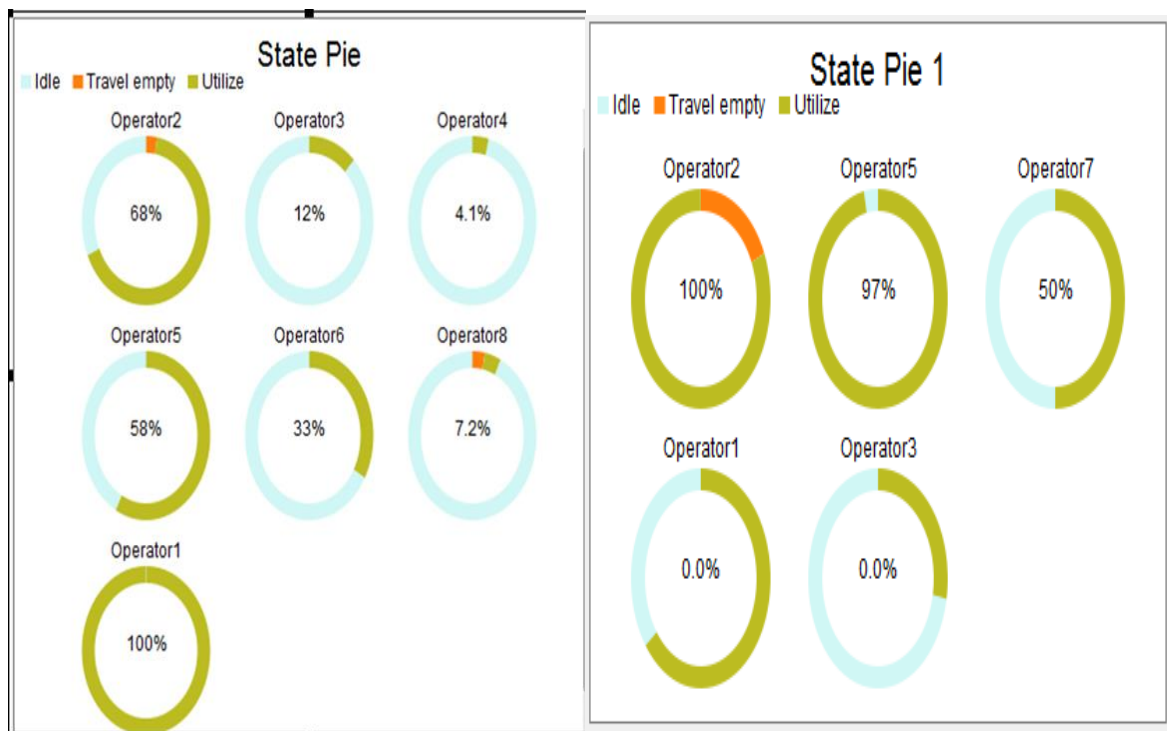


FIGURA 34. UTILIZACIÓN DE OPERARIOS, COMPARACIÓN. Autoria propia

Realizado el análisis estadístico de los operarios podemos resaltar la siguiente información:

- Operario 1: encargado de operar la máquina de preparación de carnes y dorado de pan tiene un 100% de utilidad en el primer modelo y un 65% en el modelo sugerido como se mencionaba anteriormente por la colocación de la máquina de preparación de carnes.
- Operario 2: encargado de operar las 3 freidoras del restaurante tiene una utilidad del 68% del tiempo en el primer modelo, comparado con el modelo sugerido donde tiene un 82% de utilidad y un 18% concerniente al desplazamiento entre maquinas ya que este operario según el balanceo de línea es el encargado de operar las 3 freidoras, servir las bebidas y la entrega de los productos en su respectiva bandeja.
- Operario 3: encargado de realizar el ensamble de la carne y el pan, tiene una utilidad de 12% en el primer modelo y 28% en el modelo sugerido, una mejoría de 16% con respecto al modelo original ya que en este caso será el encargado del dorado del pan. Sin embargo, se sigue presentando un tiempo ocioso de 72% correspondiente a la espera de la preparación de la carne.
- Operario 5: encargado de la atención al cliente en caja tiene una utilidad de 58% en el primer modelo. Comparado con una utilidad de 98% en el modelo sugerido hay una mejoría del 40% al encargarse solo a este operador de este proceso.
- Operario 7: operario sugerido para la preparación de las carnes tiene una utilidad del 50% del tiempo, el tiempo ocioso corresponderá a la espera del producto para procesar y el tiempo de atención al cliente en caja que generará la orden de procesamiento.

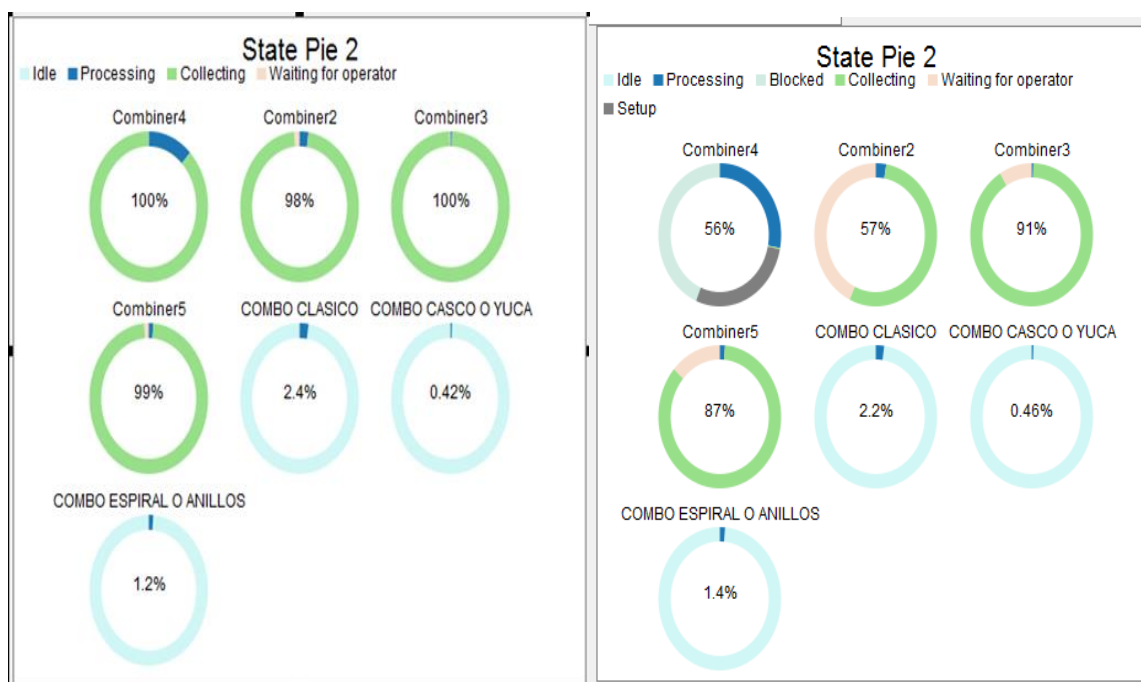


FIGURA 35. UTILIZACIÓN DE COMBINERS, COMPARACIÓN. Autoria propia.

Realizando la comparación de los combiner con el balanceo de línea, podemos observar:

- El combiner 4 encargado del ensamble del pan, carne y verduras, tendrá una utilidad de 12% del tiempo en el primer modelo, en el modelo sugerido tendrá una utilidad del 28%. Cabe resaltar que en este modelo aparece un 28% correspondiente a la preparación de la máquina para hacer el ensamble.
- Los combiner 2,3 y 4 donde se ensambla la hamburguesa, acompañamiento y bebida en su respectiva bandeja tendrán un porcentaje de espera por el operador mayor al del primer modelo ya que será una sola persona la encargada de realizar las operaciones de: freído, servir bebidas y realizar el ensamble de los productos mencionados.
- Se observa una disminución de 0.2% de tiempo de proceso del combiner COMBO CLASICO comparado con el primer modelo, sin embargo, este tiempo se ve reflejado en el combiner COMBO ESPIRAL O ANILLOS. Hay un aumento de 0.42% a 0.46% de tiempo en el combiner COMBO CASCO O YUCA.

APLICACIÓN DE HERRAMIENTA ANDON, TPM Y 5'S EN EL PROYECTO.

Para realizar una aplicación de las herramientas de lean manufacturing Andon y 5'S se procede a realizar un diagrama causa-efecto (diagrama de Ishikawa) utilizando el método de las 6m donde se revisarán los aspectos más importantes para dar una respuesta utilizando las herramientas anteriormente mencionadas.

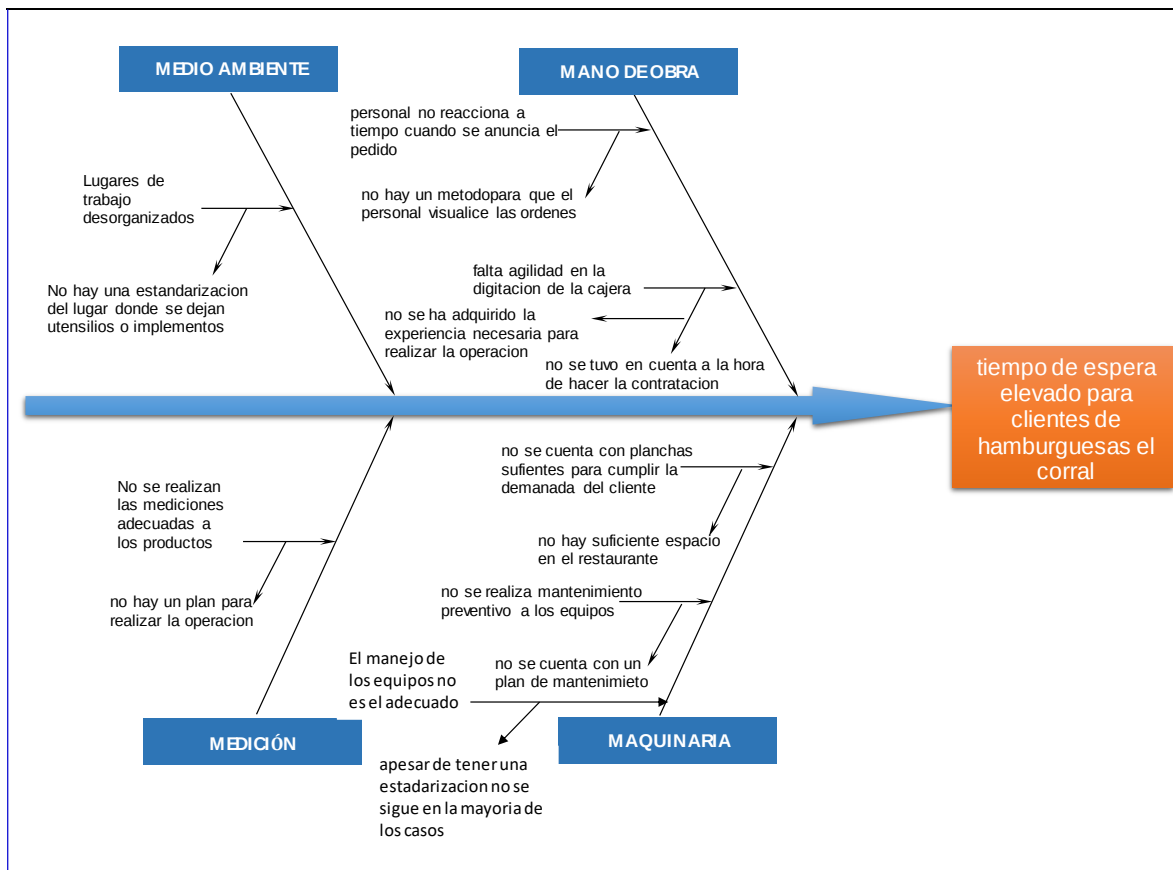


FIGURA 36. DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO. Autoria propia

Según el diagrama anterior se observan los siguientes problemas:

- Se tiene el problema de que el operario no puede reaccionar a tiempo cuando se anuncia el pedido, en el momento las ordenes son anunciadas por micrófono y se tiene una comanda de papel como refuerzo que se dirige al área de preparación donde todos los operarios pueden observar, sin embargo, muchas veces no se escucha bien la orden lo que obliga a los operarios a esperar la comanda para empezar a realizar la operación lo que se traduce en pérdida de tiempo.



FIGURA 37. COMANDA EN POSICIÓN DE PREPARACIÓN. Autoria propia

- Se evidencia que los equipos no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo lo que obliga a reaccionar solo en ocasiones cuando el equipo se encuentra averiado (mantenimiento correctivo) esto conlleva a la detención de preparación del producto hasta que el equipo se encuentre en óptimas condiciones para operar.
- Se evidencia que los lugares de trabajo se encuentran desorganizados al no tener una estandarización de la ubicación de los implementos que se utilizan en cada posición



FIGURA 38. OPORTUNIDAD DE MEJORA RESTAURANTE. Autoría propia

Una vez evidenciados los problemas presentados en el restaurante se pueden dar las siguientes soluciones:

- Se pueden instalar pantallas led en cada posición (plancha, freído, preparación y bebidas) donde el operario pueda ver en tiempo real las ordenes asignadas reaccionando de manera inmediata.



FIGURA 39. PANTALLA EN COCINA

Fajardo, J. PANTALLAS EN LAS COCINAS. ¿TENDENCIA O NECESIDAD? Recuperado de: <https://cuiner.com/blogdet/pantallas-en-las-cocinas-tendencia-o-necesidad/61/>

- Realizar un cronograma de mantenimiento preventivo de todos los equipos del restaurante con el fin de evitar que los equipos sufran una avería en la operación.

EQUIPO	MANTENIMIENTOS AL AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PLANCHA	2 VECES	X					X						
DISPENSADOR	2 VECES		X					X					
FREIDOR 1	2 VECES	X					X						
FREIDOR 2	2 VECES		X					X					
FREIDOR 3	2 VECES			X					X				
BAÑO MARIA	2 VECES	X					X						
EXTRACTOR	2 VECES		X					X					
NEVERAS DE ALMACENAMIENTO	2 VECES	X					X						
CORTADORA	2 VECES		X					X					

TABLA #21. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. Autoria propia.

- Dibujar sobre los equipos líneas de demarcación donde se ubiquen los elementos que se utilizan en cada posición, adicional a esto crear un cronograma de actividades donde el operario en los tiempos muertos del restaurante se encargue de actividades de aseo con el fin de garantizar el orden del restaurante siempre.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES				
DIA	ACTIVIDAD	ENCARGADO	REVISADO POR	OBSERVACIONES
LUNES				
MARTES				
MIÉRCOLES				
JUEVES				
VIERNES				
SÁBADO				
DOMINGO				

TABLA #22. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE ASEO. Autoria propia.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN DE MEJORAMIENTO.

Realizada la simulación se puede concluir que, ejecutando el balanceo de línea en el proyecto, se producen 47 salidas adicionales al modelo inicialmente planteado, además se utilizaran solo 5 trabajadores para la operación comparado con los 7 trabajadores en el modelo inicial (2 trabajadores menos). Ahora bien, se busca evaluar el beneficio económico que se tendrá con la implementación del plan de mejoramiento para la empresa como se puede observar en las siguientes tablas:

SALIDAS DIARIAS	353					
PRODUCTOS VENDIDOS	VENTA PROMEDIO DIARIA (UNIDADES)	PORCENTAJE DE APORTE A LAS SALIDAS (%)	PRECIO DE VENTA	VENTA DIARIA	VENTA MENSUAL	VENTA ANUAL
CORRAL	99	28,04532578	\$19.900	\$1.970.100	\$59.103.000	\$709.236.000
CORRAL QUESO	63	17,8470255	\$20.900	\$1.316.700	\$39.501.000	\$474.012.000
CORRALITA	22	6,232294618	\$18.500	\$407.000	\$12.210.000	\$146.520.000
TODOTERRENO	95	26,9121813	\$29.900	\$2.840.500	\$85.215.000	\$1.022.580.000
CASERA	22	6,232294618	\$27.900	\$613.800	\$18.414.000	\$220.968.000
CALLEJERA	27	7,648725212	\$20.900	\$564.300	\$16.929.000	\$203.148.000
QUESO EDICIÓN	39	11,04815864	\$20.900	\$815.100	\$24.453.000	\$293.436.000
DUALISIMA	76	21,52974504	\$23.600	\$1.793.600	\$53.808.000	\$645.696.000
			TOTAL	\$10.321.100	\$309.633.000	\$3.715.596.000

TABLA #23. VENTA DE UNIDADES REPRESENTATIVAS DEL RESTAURANTE (DIARIA, MENSUAL Y ANUAL) MODELO ACTUAL.

Se puede observar en la tabla el promedio de venta de las hamburguesas más representativas del restaurante teniendo un promedio de venta diaria de \$10.321.100, una venta mensual de \$309.633.000 y una venta anual de \$3.715.596.000, esto para el modelo inicialmente planteado con una salida diaria de 353 unidades.

		PORCENTAJE DE INCREMENTO DE VENTA CON PLAN DE MEJORAMIENTO (%)			
SALIDAS DIARIAS	400	13,31444759			
PRODUCTOS VENDIDOS	VENTA DIARIA MODELO INICIAL	ADICIONAL DE VENTA DIARIA CON PLAN DE MEJORAMIENTO	VENTA DIARIA CON PLAN DE MEJORAMIENTO	VENTA MENSUAL CON PLAN DE MEJORAMIENTO	VENTA ANUAL CON PLAN DE MEJORAMIENTO
CORRAL	\$ 1.970.100	\$ 262.308	\$ 2.232.408	\$ 66.972.238	\$ 803.666.856
CORRAL QUESO	\$ 1.316.700	\$ 175.311	\$ 1.492.011	\$ 44.760.340	\$ 537.124.079
CORRALITA	\$ 407.000	\$ 54.190	\$ 461.190	\$ 13.835.694	\$ 166.028.329
TODOTERRENO	\$ 2.840.500	\$ 378.197	\$ 3.218.697	\$ 96.560.907	\$ 1.158.730.878
CASERA	\$ 613.800	\$ 81.724	\$ 695.524	\$ 20.865.722	\$ 250.388.669
CALLEJERA	\$ 564.300	\$ 75.133	\$ 639.433	\$ 19.183.003	\$ 230.196.034
QUESO EDICIÓN	\$ 815.100	\$ 108.526	\$ 923.626	\$ 27.708.782	\$ 332.505.382
DUALISIMA	\$ 1.793.600	\$ 238.808	\$ 2.032.408	\$ 60.972.238	\$ 731.666.856
		TOTAL	\$ 11.695.297	\$ 350.858.924	\$ 4.210.307.082

TABLA #24. VENTA ADICIONAL CON IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE MEJORAMIENTO.

Con la implementación del plan de mejoramiento se tiene ahora 400 unidades de salida al final del día, un incremento del 13,31% comparado con el modelo actual, repartido este porcentaje entre las hamburguesas más representativas tenemos una venta diaria de \$11.695.297 comparado con \$10.321.100 con el modelo actual (\$1.374.197 adicional). Se tiene una venta mensual de \$350.858.924 comparado con \$309.633.000 con el modelo actual (\$41.225.924 adicional). Por último, se tiene una venta anual de \$4.210.307.082 comparado con \$3.715.596.000 con el modelo actual (\$494.711.082 adicional).

Como se mencionaba anteriormente con la implementación del balanceo de línea se utilizarán 2 trabajadores menos en la operación, ahora se podrá ver el ahorro de dinero que la empresa tendrá en la siguiente tabla:

SALARIO MINIMO MENSUAL POR TRABAJADOR	\$828.116
AHORRO DE SALARIO CON IMPLEMENTACION DE PLAN DE MEJORAMIENTO (MENSUAL, 2 PERSONAS MENOS)	\$1.656.232
AHORRO DE SALARIO CON IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE MEJORAMIENTO (ANUAL, 2 EMPLEADOS MENOS)	\$19.874.784

TABLA #25. AHORRO DE SALARIO CON IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE MEJORAMIENTO.

Un trabajador de hamburguesas el corral devenga un salario mensual de \$828.116, implementado el plan de mejoramiento la empresa se ahorrará en el mes \$1.656.232 contando con dos operarios menos, en el año será un ahorro de \$19.874.784 para la empresa.

7. CONCLUSIONES

- Se efectúa el análisis estadístico de los datos con el fin de realizar la simulación donde se obtiene una salida de 354 órdenes o clientes satisfechos.
- Realizada la simulación se obtienen los porcentajes de utilización de los componentes (operarios, combiner, processor, etc.) utilizando la herramienta dashboard del programa Flexsim con el objetivo de plantear el panorama actual del restaurante para posteriormente poder buscar soluciones o herramientas que nos ayuden a cumplir con el objetivo del proyecto.
- Se utilizan las herramientas de ingeniería takt time y balanceo de línea con el fin de establecer los operarios realmente necesarios en la operación obteniendo un resultado de 5 operarios. Se cambian los datos que resultaron del balanceo de línea y se obtiene ahora como resultado al final del día una salida de 400 ordenes o clientes satisfechos, una mejora de 13.3% comparado con la primera simulación o situación actual. Cabe resaltar que también hay una mejora notoria en los componentes de la simulación.
- Con el fin de darle fuerza al proyecto se decide aplicar la teoría de líneas de espera al proyecto para confirmar si la teoría concuerda con la realidad. Se utilizan algunas fórmulas de la teoría y se obtiene un resultado de 5,07 minutos para la permanencia del cliente en el sistema, comparado con un promedio de 9.32 minutos que se obtuvieron en la toma de datos un sesgo bastante alto, pero como se mencionaba anteriormente se da por la observación mínima y máxima de los datos λ y μ . Un dato que sobresale es que la primera salida en el primer modelo tiene una duración de 341 segundos (5.6 minutos), con lo cual podemos concluir que el modelo se realizó bajo las mejores condiciones.
- Para aplicar las herramientas de lean manufacturing Andon, TPM y 5'S en el proyecto se realizó un diagrama de espina de pescado con el objetivo de hallar los aspectos más relevantes, como soluciones a las problemáticas presentadas se plantea: la instalación de pantallas con el objetivo de terminar con el tiempo ocioso del trabajador al tener que revisar la orden para preparar el producto, la creación de un cronograma de mantenimiento y de actividades de aseo para garantizar el buen funcionamiento de los equipos y la limpieza en las diferentes áreas del restaurante, además para ayudar al control visual se ha decidido demarcar las áreas donde se deben dejar los implementos usados en cada posición con el fin de ayudar a la organización de las mismas.
- Realizada la evaluación económica del plan de mejoramiento se puede observar un incremento en la venta de 13,31% lo que se traduce en una venta adicional de \$1.374.197 diaria, \$41.225.924 mensual y \$494.711.082 anual. Según el balanceo de línea se necesitarán 2 operarios menos lo que se traduce en un ahorro de nómina de \$1.656.232 mensual y \$19.874.784 anual.

8. RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

Con el fin de culminar el proyecto en el tiempo estipulado se ha decidido obviar la recolección de datos concerniente a tiempo en fila, por ende, no se ve reflejado en las simulaciones hechas ni en conclusiones requeridas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Correa, F. G. (Enero de 2007). *Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/46531895_Manufactura_Esbelta_Lean_Manufacturing_Principales_Herramientas
- Diaz, F. (2009). *LA MANUFACTURA ESBELTA*. CUAUTITLÁN IZCALLI.
- Gomez, B. S. (2016). *INGENIERIA INDUSTRIAL ONLINE*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/andon-control-visual/>
- MANCHINEL, E. A. (Octubre de 2003). APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LÍNEAS DE ESPERA EN EL PROCESO DE CARGA A LOS VENDEDORES EN EL SEGMENTO A DETALLE EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE BOTANAS. Guatemala.
- Oscar Javier Herrera, L. A. (2014). Diseño General de las Etapas de Simulación de Procesos con énfasis en el Análisis de Entrada. *Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014) "Excellence in Engineering To Enhance a Country's Productivity"*, (pág. 10). Guayaquil, Ecuador.
- Pickers, S. (4 de noviembre de 2015). ¿Cómo determinar el tamaño de una muestra? mexico D.F, mexico.
- Plata, O. B. (2014). *IMPORTANCIA DE LA SIMULACIÓN EN LA MEJORA DE PROCESOS*. Ciudad de Mexico.
- Rosado, O. S. (Marzo de 2010). *TODOS POR LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS*. Oaxaca, Mexico.
- Sabater, J. P. (2015). *Aplicando Teoría de Colas en Dirección de Operaciones*. Grupo ROGLE.
- SÁNCHEZ, V. P. (2013). *PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA PRODUCTIVO EN LA EMPRESA DE CONFECCIONES MERCY EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING*. Bogotá.
- Rajadell, M. Sanchez, J. (2010). *Lean Manufacturing, La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos