

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS TIEMPOS DE CICLO DE  
SERVICIOS AL CLIENTE EN FERRETERÍA LA CASITA**

**PRESENTADO POR:  
MARLY ANDREA GIL LOPEZ  
ID: 000085212  
LEANDRO ANIBAL CARVAJAL QUINTERO  
ID: 000084044**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2014**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS TIEMPOS DE CICLO DE  
SERVICIOS AL CLIENTE EN FERRETERÍA LA CASITA**

**PRESENTADO POR:  
MARLY ANDREA GIL LÓPEZ  
ID: 000085212  
LEANDRO ANIBAL CARVAJAL QUINTERO  
ID: 000084044**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2014**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**



**PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**Bucaramanga, Marzo 2015.**

## AGRADECIMIENTOS

*“Doy gracias a Dios principalmente, por darme la vida y por brindarme la sabiduría y paciencia para alcanzar cada meta que me he propuesto en la vida.*

*A mis padres Carmen López y Fernando Gil quienes siempre me han acompañado y me han brindado todo su apoyo y comprensión en este proceso, gracias por enseñarme que todo se logra con constancia y perseverancia, por la motivación constante la cual me ha llevado a ser la persona que soy y por todo el amor que me han regalado en mis años de vida.*

*Gracias a mis hermanos Angélica Gil y Luis Fernando Gil por siempre estar cuando los necesito, por sus palabras de apoyo porque a pesar de la distancia física siempre me han dado valor y fuerza para cumplir mis objetivos.*

*A mi compañero Leandro que con su apoyo y trabajo logramos terminar este proyecto. A todas las personas que directa o indirectamente se involucraron en mi proceso educativo, gracias por la paciencia, las explicaciones, los ejemplos de superación por todas esas pequeñas contribuciones que hoy me llevan a alcanzar mi objetivo tanto a nivel personal como profesional”.*

MARLY ANDREA GIL LÓPEZ

*“Doy gracias primordialmente a Dios por la inteligencia, la sabiduría, paciencia, entendimiento y la capacidad para ejercer este proyecto.*

*Por ser siempre ese sentimiento de alegría, tranquilidad y serenidad en cada momento de esta etapa de vida que esta próxima a culminar.*

*A mis padres y abuela, Pablo Carvajal, Ana Quintero y María Adelina, no hay un día en el que no le agradezca a Dios el haberme colocado entre ustedes, la fortuna más grande es tenerlos conmigo y el tesoro más valioso son todos y cada uno de los valores que me inculcaron, mi hermana Leidy Carvajal, gracias por servir de guía, por acompañarme siempre; A mi compañera Marly por el compromiso y empeño que le puso al proyecto para sacarlo adelante.*

*A todas y cada una de las personas que de alguna u otra manera contribuyeron a que lograra esta meta que me propuse en la vida, y que me ha permitido crecer intelectualmente y como ser humano”.*

LEANDRO ANIBAL CARVAJAL QUINTERO

## Contenido

RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCION.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2. DELIMITACION DEL PROBLEMA.....	3
3. JUSTIFICACION.....	4
4. OBJETIVO GENERAL.....	5
4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
5. MARCO TEORICO.....	6
5.1. LA DISTRIBUCION EXPONENCIAL.....	7
5.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE COLAS.....	8
5.3. MODELAMIENTO MATEMATICO DE LOS SISTEMAS DE COLA.....	9
5.3.1. MODELAMIENTO DE COLAS BASADOS EN EL PROCESO DE NACIMIENTO Y MUERTE 10	
5.4 METODOLOGÍA DE LAS 5S.....	14
5.4.1 BENEFICIOS QUE APORTAN LAS 5S.....	17
6. DISEÑO METODOLOGICO.....	19
7. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	20
7.1. DIAGNOSTICO.....	21
7.1.1. OBSERVACION CUALITATIVA.....	22
7.1.2. CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL SISTEMA.....	23
7.1.3. CALCULO DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.....	27
7.1.4. ESTRUCTURA DE LA SIMULACION DE DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE COLA DE LA FERRETERIA LA CASITA.....	31
7.2. RESULTADOS DE LA SIMULACION DE DIAGNOSTICO.....	32
7.2.1. ENTIDADES.....	32
7.2.2. QUEUE (TIEMPO DE ESPERA EN COLA).....	34
7.2.3. RESULTADO DEL NÚMERO DE ENTIDADES ATENDIDAS POR CADA RECURSO.....	36
7.3. PROPUESTA DE MEJORA.....	37
7.3.1. ANÁLISIS DE COSTOS Y DEFINICION DEL NÚMERO DE SERVIDORES.....	37

7.3.2.	IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS PARA AUMENTAR EL DESEMPEÑO DE LOS SERVIDORES .....	39
7.3.3.	SIMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	44
7.3.4.	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE MEJORA CON LOS RECURSOS EXISTENTES (SIN CONTRATACIÓN DE NUEVOS CAJEROS).....	47
7.3.5.	COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE LA SMULACIÓN.....	48
8.	CONCLUSIONES.....	50
9.	RECOMENDACIONES.....	51
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	52

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 DISTRIBUCIÓN DE POISSON PARA DIFERENTES VALORES DE $\lambda$ .....	6
FIGURA 2 SISTEMA DE COLAS .....	8
FIGURA 3 DIAGRAMA 5'S.....	16
FIGURA 4 DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS DE ATENCIÓN EN LA FERRETERÍA LA CASITA.....	21
FIGURA 5 MATRIZ PARCIAL DE HORAS DE LLEGADAS DE CLIENTES A LA FERRETERÍA LA CASITA ENTRE LAS 7:00 AM Y LAS 8:07 AM .....	24
FIGURA 6 MATRIZ PARCIAL DE HORAS DE LLEGADAS DE CLIENTES Y TIEMPO ENTRE LLEGADAS A LA FERRETERÍA LA CASITA ENTRE LAS 7:00 AM Y LAS 8:07 AM.....	25
FIGURA 7 MATRIZ PARCIAL TIEMPO DE ESPERAS EN EL PROCESO DE FACTURACIÓN EN LA FERRETERÍA LA CASITA .....	26
FIGURA 8 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO ENTRE LLEGADAS DE CLIENTES A LA FERRETERÍA LA CASITA.....	27
FIGURA 9 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO ENTRE LLEGADAS DE CLIENTES A LA FERRETERÍA LA CASITA.....	28
FIGURA 10 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA EL PROCESO DE PAGO EN EFECTIVO DE LA FERRETERÍA LA CASITA .....	29
FIGURA 11 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA EL PROCESO DE PAGO CRÉDITO DE LA FERRETERÍA LA CASITA.....	30
FIGURA 12 ESQUEMA GENERAL DE LOS PROCESOS QUE INVOLUCRA LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE COLAS.....	32
FIGURA 13 RESULTADOS DE LOS TIEMPOS EN EL SISTEMA EN LA FERRETERÍA LA CASITA (TIEMPOS).....	33
FIGURA 14 LA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS DEL TIEMPO ENTRE LLEGADAS CON AJUSTE EXPONENCIAL. ....	34
FIGURA 15 RESULTADOS DE LOS TIEMPOS DE ESPERA EN EL SISTEMA EN LA FERRETERÍA LA CASITA (COLAS) .....	35
FIGURA 16 ESTADÍSTICAS DEL NÚMERO DE CLIENTES ATENDIDOS LA FASE DE DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE COLAS EN LA FERRETERÍA LA CASITA .....	36
FIGURA 17 ANÁLISIS DE COSTO DE ESPERA VS COSTO DE SERVICIO EN LA FERRETERÍA LA CASITA .....	38
FIGURA 18 ELEMENTOS INNECESARIOS Y DESORDEN.....	39
FIGURA 19 APLICACIÓN DE UNA DE LAS 5s .....	40
FIGURA 20 ORGANIZACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO.....	40
FIGURA 21 FORMATO DE TARJETA ROJA PARA IDENTIFICAR LOS ELEMENTOS NO NECESARIOS .....	41
FIGURA 22 FORMATO PARA LA PROGRAMACIÓN DE ASEO .....	43
FIGURA 23 23 FORMATO DE TARJETA AMARILLA PARA IDENTIFICAR LAS POSIBLES FUENTES DE SUCIEDAD Y CONTAMINACIÓN EN EL LUGAR DE TRABAJO .....	43
FIGURA 24 ESQUEMA GENERAL DE LA SIMULACIÓN CON LA UNIFICACIÓN DEL PROCESO DE PAGOS.....	45
FIGURA 25 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN APLICANDO 5's.....	46
FIGURA 26 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN UNIFICANDO EL PUESTO DE TRABAJO DE PAGOS E IMPLEMENTACIÓN 5's .....	46
FIGURA 27 RESULTADOS DE LOS TIEMPOS EN EL SISTEMA DE ACUERDO A LA PROPUESTA DE UNIFICACIÓN PLANTEADA EN LA FERRETERÍA LA CASITA .....	47
FIGURA 28 RESULTADOS DE LOS TIEMPOS EN EL SISTEMA DE ACUERDO A LA PROPUESTA DE UNIFICACIÓN PLANTEADA EN LA FERRETERÍA LA CASITA .....	48

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1 COSTOS TOTALES.....	37
TABLA 2 RESULTADOS COMPARATIVOS DE LA SIMULACIÓN.....	49

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS TIEMPOS DE CICLO DE SERVICIOS AL CLIENTE EN FERRETERÍA LA CASITA

**AUTOR(ES):** LEANDRO ANIBAL CARVAJAL QUINTERO  
MARLY ANDREA GIL LOPEZ

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Industrial

**DIRECTOR(A):** MANUEL ARTURO JIMENEZ RAMIREZ

### **RESUMEN**

La fuerte competencia dentro de las ferreterías en la Ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana exige que estos almacenes no solamente tengan una fuerte propuesta de valor y una excelente relación beneficio-costos, sino que tengan un nivel de servicio con altos estándares que contribuyan a la plena satisfacción de los clientes. La Gerencia de la Ferretería La Casita ha establecido dentro de su planeación estratégica aumentar el nivel de servicio de los clientes de la ferretería disminuyendo los tiempos de espera de los clientes en cada una de las estaciones de servicio del almacén. Para tal fin, el presente proyecto busca realizar un diagnóstico del estado en que se encuentra el sistema de colas de dicho almacén, identificar los cuellos de botella y plantear alternativas para disminuir las esperas de los clientes utilizando herramientas de simulación en tiempo discreto.

### **PALABRAS CLAVES:**

Simulación, Sistemas de Colas, tiempos espera, Distribución Exponencial, Poisson, Arena, 5s

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

<b>TITLE:</b>	PROPOSAL FOR IMPROVING CYCLE TIMES CUSTOMER SERVICE IN THE HOUSE HARDWARE
<b>AUTHOR(S):</b>	LEANDRO ANIBAL CARVAJAL QUINTERO MARLY ANDREA GIL LOPEZ
<b>FACULTY:</b>	Facultad de Ingeniería Industrial
<b>DIRECTOR:</b>	MANUEL ARTURO JIMENEZ RAMIREZ

### ABSTRACT

Strong competition in hardware stores in the city of Bucaramanga and its metropolitan area requires that these store not only have a strong value proposition and an excellent cost-benefit ratio, but also high standards of level of services that contribute to the customer satisfaction. The CEO of La Casita has established within its strategic planning to increase the current level of service offered to customers by decreasing waiting times in each of the store service stations. To that end, this project seeks to diagnose the state of the queuing system of the La Casita hardware store, identify bottlenecks and propose alternatives to reduce waiting times for clients using simulation tools in discrete time.

### KEYWORDS:

Simulation, queuing systems, waiting times, exponential distribution, Poisson, 5s, Arena

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## INTRODUCCION

En un mercado global y altamente competitivo, se vuelve crítico que las empresas canalicen esfuerzos para tener clientes satisfechos es más evidente, puesto que esta es la razón de ser de las compañías y la clave del éxito.

Los tiempos de espera en cualquier tipo de entidad que involucre colas ha sido una preocupación importante para la gerencia de estas instituciones, ya que la percepción del servicio muchas veces está ligado al tiempo que toma un cliente en ser atendido. Además de lo anterior, se sabe que cuando alguien deserta de una fila en un banco, además de causar pérdidas económicas directas, también repercute en el proceso de fidelización de los clientes y en el costo de espera, concepto que será de suma importancia en el desarrollo de la presente investigación.

Los métodos analíticos aplicados a través de los modelos de Investigación de Operaciones han intentado dar un entendimiento a los sistemas de cola y a su vez, han propuesto alternativas para construir un sistema eficiente de acuerdo a las características del servicio y de las locaciones. La idea es entonces utilizar modelos matemáticos y herramientas de simulación en tiempo discreto para evaluar el desempeño del actual sistema de colas en la Ferretería la Casita en la ciudad de Bucaramanga y contribuir con el alcance de sus objetivos estratégicos, proponiendo alternativas de mejoramiento como lo es la metodología de las 5s, buscandomantener y mejorar las condiciones de organización, el orden y limpieza, seguridad, clima laboral, motivación personal y eficiencia permitiendo brindar un servicio más eficiente al menor costo posible.

En el presente proyecto se buscará mejorar el desempeño del sistema de tiempos de espera en la ferretería la casita, apoyados en herramientas analíticas y herramientas computacionales, las cuales también resaltarán la labor del Ingeniero Industrial en la productividad de las organizaciones de servicio.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gerencia de la ferretería la casita se ha puesto como objetivo estratégico dentro de la visión para el año 2014 incrementar las ventas en un 12%. En este sentido, se propone incrementar la cadencia de las operaciones de despacho y a su vez la satisfacción de sus clientes. En un estudio realizado por la organización se detectó que el tiempo de espera promedio de un cliente en cola era demasiado elevado, por ende muchos clientes desertaban de la cola y otros esperaban pero invirtiendo una gran cantidad de tiempo y recursos. Lo anterior ha generado pérdida de clientes y de ventas.

Al analizar el problema del excesivo tiempo de espera que experimentan los clientes de la ferretería se encuentran diferentes causas raíces derivadas de los niveles de productividad que actualmente presenta la operación. La primera causa asignable es el bajo número de servidores, los cuales no alcanzan a atender a los clientes con el nivel de cadencia requerido. La segunda causa es el bajo nivel de desempeño de los recursos (servidores) en cada uno de los procesos. Esto se debe tanto al esquema general en que están dispuestos los servidores, en cuyas estaciones o puestos de trabajo no existe una estandarización de los elementos de uso, lo que se traduce en desperdicios de tiempo cuya sumatoria produce tiempos de atención y espera muy por encima del nivel de servicio deseado.

El presente proyecto busca hacer un estudio para evaluar el estado en que se encuentra el sistema de colas en la ferretería La Casita en la ciudad de Bucaramanga (diagnostico), identificar las operaciones cuello de botella, identificar las causas de desperdicio de tiempo y finalmente realizar un levantamiento del proceso en general. Posteriormente proponer las mejoras a las que diere lugar invirtiendo la menor cantidad de recursos a través los resultados de una metodología que permita determinar cómo se relacionan las variables involucradas en el estudio utilizando un modelo de simulación en tiempo discreto, atacando las causas raíces del problema de acuerdo a los recursos asignados para tal fin y adicionalmente utilizar la metodología de las 5s para estandarizar y optimizar los procesos ayudando a disminuir las demoras proporcionando los medios para generar espacios más productivos, seguros y agradables logrando una mayor productividad.

## 2. DELIMITACION DEL PROBLEMA

La presente investigación está fundamentada en el estudio del desempeño de los sistemas de cola presentes en la Ferretería la Casita de la ciudad de Bucaramanga. Con lo anterior, se busca proponer una solución al problema de servicio presentado en la ferretería cuyo efecto es la pérdida de clientes y de ventas como función del bajo nivel de satisfacción de los clientes, de tal manera que la compañía pueda obtener los niveles de participación en el mercadeo que busca la gerencia.

Para el desarrollo del proyecto se estima una duración de seis meses incluyendo el período de toma de tiempos tanto de espera en cada estación como la de los tiempos de llegada y sus respectivos cálculos de distribución de probabilidad.

Este estudio consta de dos partes. La primera hace referencia a la evaluación diagnóstica de los parámetros de colas que se presentan en el marco teórico del presente documento, de acuerdo a lineamientos estadísticos basados en el cálculo de un tamaño de muestra y de un nivel de confianza determinado. La segunda fase consiste en contrastar dichos resultados proponiendo una mejora del sistema de colas actual a través de técnicas de simulación en tiempo discreto utilizando el software Rockwell Arena y la implementación de la metodología de las 5s en los puestos de trabajo donde están presentes estas colas.

El tiempo estimado para llevar a término la investigación oscila entre tres y cuatro meses aproximadamente, de acuerdo al nivel de confianza establecido y a las restricciones que se presenten.

### **3. JUSTIFICACION**

Como se mencionó en el prólogo de la investigación, la satisfacción del cliente es uno de los elementos clave para el éxito empresarial, por tanto, todo esfuerzo encaminado hacia la consecución tiene repercusiones directas en las organizaciones causando un impacto en uno de las metas empresariales más ambiciosas, generar clientes.

La importancia del presente proyecto radica en que sus resultados van encaminados directamente hacia la consecución del buen servicio y de la fidelización del cliente, atacando uno de los problemas más frecuentes y costosos de resolver, los tiempos de espera.

En la presente investigación se desea realizar una evaluación del sistema de colas actual e implementar una metodología cuantitativa y la metodología de las 5 s que permita resolver la restricción al menor costo y la pérdida de tiempo por desplazamientos innecesarios, lo cual no solo generara una ventaja importante a dicha organización, sino también permitirá que los usuarios en general puedan hacer mejor uso de su tiempo y de esta manera mejorar su calidad de vida.

#### **4. OBJETIVO GENERAL.**

Analizar los tiempos de ciclo de servicio al cliente para plantear una propuesta de mejora en Ferretería la casita usando una herramienta de simulación de tiempo discreto.

#### **4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Caracterizar y describir cada uno de los procesos dentro del sistema delimitado por el área de servicio donde tienen lugar las esperas través de un diagrama de flujo.
- Calcular las distribuciones de probabilidad derivadas de una toma de tiempos muestral usando la herramienta Input Analyzer de Arena. Con lo anterior preparar los datos de entrada para la simulación.
- Diseñar y ejecutar una simulación del sistema de colas de la Ferretería La Casita utilizando el software Rockwell Arena v.11 que permita modelar el sistema actual y obtener resultados que permitan tener una mejor comprensión del estado en que se encuentra el sistema.
- Capacitar al personal para que puedan utilizar la metodología de las 5s inicialmente en los puestos de trabajo con colas para que este fluya de una mejor manera
- Plantear estrategias de mejoramiento evaluándolas a través de una simulación en tiempo discreto con el software Rockwell Arena v.11.

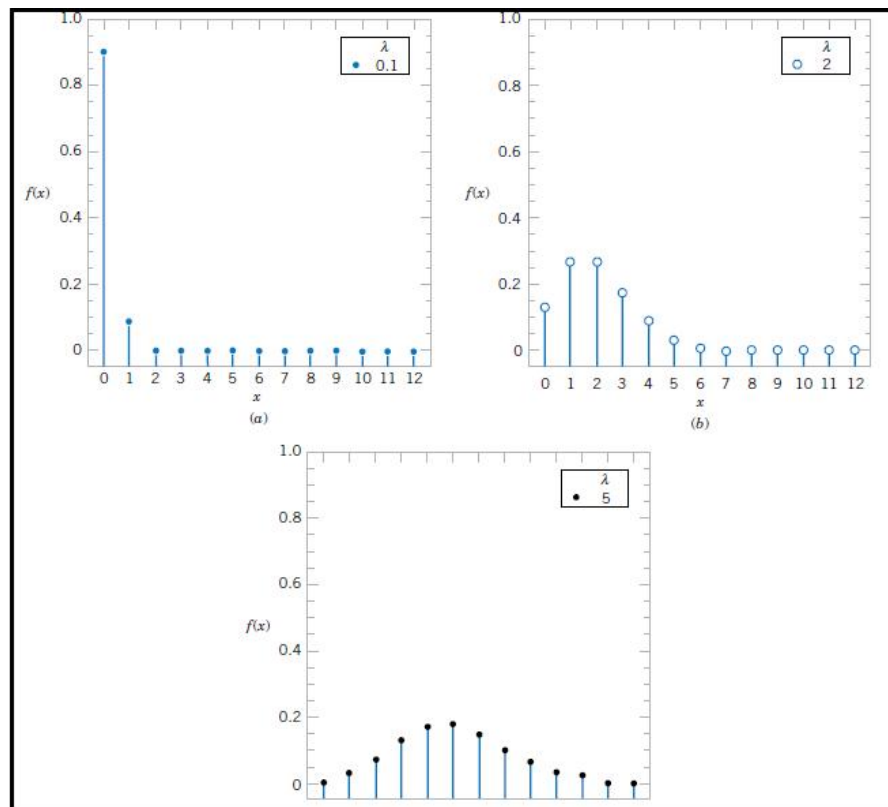
## 5. MARCO TEORICO

La distribución de Poisson es el principal modelo de probabilidad empleado para problemas de líneas de espera<sup>1</sup>. Puede describir eventos aleatorios que suceden a una tasa fija en el tiempo o en el espacio. La función de probabilidad que representa la distribución de Poisson se escribe de la siguiente manera:

$$p(x, \lambda) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} & x = 0, 1, 2, \dots; \lambda \\ 0, & \text{otro caso} \end{cases}$$

El parámetro de la distribución es  $\lambda$  y representa el promedio de ocurrencias del evento por unidad de tiempo<sup>2</sup>. En la figura 1 se muestra la gráfica de dicha función de probabilidad para diferentes valores de  $\lambda$ :

Figura 1 Distribución de Poisson para diferentes valores de  $\lambda$



<sup>1</sup> Canavos George. Probabilidad y Estadística Aplicaciones y Métodos. 1ª ed. Mc Graw Hill, Mexico 1995

<sup>2</sup> Montgomery Douglas. Applied Statistics and Probability for Engineers. 3 ed. John Wiley, USA 2002. P 90

Fuente: Montgomery Douglas. Applied Statistics and Probability for Engineers. 3 ed. John Wiley, USA 2002. P 91

Para el caso particular del estudio de colas,  $\lambda$  puede representar la tasa media de llegadas de los clientes por unidad de tiempo<sup>3</sup>. Más adelante se profundizará sobre cada uno de los parámetros que componen el sistema de colas.

De igual manera es importante mencionar que el valor esperado de la distribución de Poisson es igual a su varianza y se denota por el parámetro  $\lambda$ . Por ahora es necesario reconocer la distribución de Poisson como elemento importante para el estudio

### **5.1. LA DISTRIBUCION EXPONENCIAL**

Esta distribución es también fundamental para el estudio de colas o tiempos de espera, debido a que se han formulado modelos en donde el tiempo entre llegadas de clientes se puede considerar exponencial bajo ciertas circunstancias.

La distribución exponencial es el equivalente continuo de la distribución geométrica discreta.

Esta ley de distribución describe procesos en los que interesa saber el tiempo hasta que ocurre determinado evento; en particular, se utiliza para modelar tiempos de supervivencia. Un ejemplo es el tiempo que tarda una partícula radiactiva en desintegrarse. El conocimiento de la ley que sigue este evento se utiliza, por ejemplo, para la datación de fósiles o cualquier materia orgánica mediante la técnica del carbono 14. Una característica importante de esta distribución es la propiedad conocida como "falta de memoria". Esto significa, por ejemplo, que la probabilidad de que un individuo de edad  $t$  sobreviva  $x$  años más, hasta la edad  $x+t$ , es la misma que tiene un recién nacido de sobrevivir hasta la edad  $x$ . Dicho de manera más general, el tiempo transcurrido desde cualquier instante dado  $t_0$  hasta que ocurre el evento, no depende de lo que haya ocurrido antes del instante  $t_0$ .

La distribución exponencial se puede caracterizar como la distribución del tiempo entre sucesos consecutivos generados por un proceso de Poisson; por ejemplo, el tiempo que transcurre entre dos heridas graves sufridas por una persona. La media de la distribución de Poisson,  $\lambda$ , que representa la tasa de ocurrencia

---

<sup>3</sup> Hillier Frederick, Liberman, Gerald. P 839

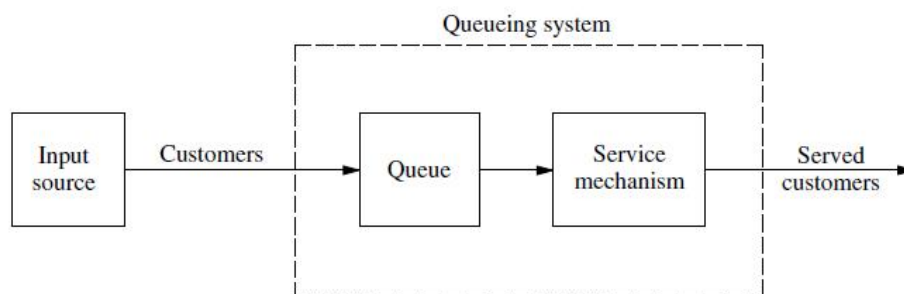
del evento por unidad de tiempo, es el parámetro de la distribución exponencial, y su inversa es el valor medio de la distribución.

## 5.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE COLAS

Dentro del campo de la Investigación de Operaciones existe una aplicación importante que surge de la necesidad de aumentar la productividad de las organizaciones en lo que respecta a los tiempos de espera de “clientes” o entidades buscando estrategias que apunten hacia la satisfacción de los mismos. Para tal fin, se han desarrollado modelos matemáticos que han servido de base para el estudio de colas y tiempos de espera utilizando herramientas informáticas y computacionales, las cuales ayudan a evaluar escenarios que permiten la implementación de una configuración más adecuada de acuerdo con los parámetros del sistema.

En la Figura 2 se muestra el sistema de colas que se tomara como modelo de estudio, posee una “fuente de entrada” desde la cual se generan las entidades que entraran al sistema, que para el caso particular del Banco representarían los clientes que se acercan a recibir el respectivo servicio. Posteriormente dichas entidades entran a la “cola”, la cual representa el tiempo de espera que los clientes deben experimentar antes de ser atendidos, luego pasan al “mecanismo de servicio”, en el cual los clientes son servidos durante el tiempo de atención y por último se dirigen hacia la salida del sistema.

Figura 2 Sistema de colas



La disciplina de la cola es otra característica que es necesario definir para estudiar el sistema de cola y se refiere al orden en el que las entidades (clientes) se seleccionan para recibir el servicio<sup>4</sup>. Por ejemplo si los primeros en entrar son los primeros en salir (FIFO) o últimos en entrar primeros en salir (LIFO), aleatoria o de

<sup>4</sup> Hillier Frederick, Liberman, Gerald. Investigación de Operaciones. 7a ed. Mc Geaw Hill, Mexico 2002 p.836

acuerdo a algún orden preestablecido (por ejemplo prioridad según edad del cliente).

Dentro de las suposiciones importantes para estudiar un modelo de colas se tiene que las llegadas de las entidades al sistema (por ejemplo clientes que entran al banco) es un proceso Poisson<sup>5</sup> lo que significa que la distribución de probabilidad de dichas llegadas es Poisson. Por su parte el tiempo de servicio generalmente se considera como un proceso que sigue una distribución exponencial. Esto permite agilizar cálculos de los parámetros del sistema, sin embargo, muchos paquetes computacionales permiten incluir cualquier variante de esta distribución de acuerdo a los datos de entrada y al problema particular.

Es importante resaltar la notación existente para denotar el sistema de colas bajo análisis. En este caso las distribuciones de probabilidad del tiempo de servicio, del tiempo entre llegadas y el número de servidores juegan un papel fundamental en la caracterización tal como se muestra a continuación<sup>6</sup>:

M = Distribución Exponencial Markoviana.

D = Distribución degenerada.

$E_k$  = Distribución Erlang

G = Distribución General

Sin embargo, cuando se utilizan herramientas computacionales, el comportamiento de los sistemas de cola no se limitan a las distribuciones anteriores, sino que por el contrario pueden presentar modificaciones dando origen a familias de la función exponencial.

Este sistema de notación es conocido como M/M/s. Por ejemplo, un sistema denotado por M/M/1 significa que la distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas es exponencial, la distribución del tiempo de servicio también es exponencial y el sistema cuenta con solo un servidor.

### 5.3. MODELAMIENTO MATEMATICO DE LOS SISTEMAS DE COLA

La notación para representar los sistemas de cola a través de expresiones matemáticas:

---

<sup>5</sup> Ibid. p 836.

<sup>6</sup> Ibid. p. 838

Estado del sistema = número de clientes en el sistema.

Longitud de la Cola = número de clientes que esperan servicio

= Estado del sistema menos número de clientes que se están atendiendo

$N(t)$  = Número de clientes en el sistema de cola en el tiempo  $t$  ( $t \geq 0$ ).

$P_n(t)$  = Probabilidad de que exactamente  $n$  clientes estén en el sistema en el tiempo  $t$ , dado el número en el tiempo 0.

$s$  = Número de servidores.

$\lambda_n$  = Tasa media de llegadas (numero promedio de llegadas por unidad de tiempo).

$\mu_n$  = Tasa media de servicio para todo el sistema.

### 5.3.1. MODELAMIENTO DE COLAS BASADOS EN EL PROCESO DE NACIMIENTO Y MUERTE<sup>7</sup>

En general, casi todos los modelos de colas utilizan el proceso de nacimiento y muerte para ser analizados, por lo cual es importante introducir las variables y parámetros que se utilizan y así determinar las características del desempeño que se desea conocer.

Si se supone un sistema que está caracterizado por el número de elementos que hay en él y tal que éstos pueden nacer (llegar al sistema) o morir (salir del sistema), el estado que presenta sistema está caracterizado por el valor entero no negativo  $N(t)$ . Se debe mencionar que no se considera ningún significado físico particular  $N(t)$ , sino el número probable de elementos en un instante dado según las características del sistema. Los procesos de nacimiento y muerte describen como varía  $N(t)$  de manera probabilística a lo largo del tiempo  $t$ . Los nacimientos y las muertes elementales se dan de manera aleatoria y sus tasas dependen únicamente del estado actual del sistema, no de la historia anterior del mismo. Esto es una propiedad clásica de los procesos de Markov<sup>8</sup> que se impone como una restricción del proceso caracterizado por  $N(t)$ . Expresado de forma analítica se puede

Describir de la forma siguiente:

$$P [N(t_{m+1}) = n_{m+1} | N(t_m) = n_m, \dots, N(t_1) = n_1] = P[N(t_{m+1}) = n_{m+1} | N(t_m) = n_m]$$

---

<sup>7</sup> Ibid. P. 872

<sup>8</sup> [http://jair.lab.fi.uva.es/~pablful/leng\\_simulacion/materiales/colas\\_0607\\_resumen.pdf](http://jair.lab.fi.uva.es/~pablful/leng_simulacion/materiales/colas_0607_resumen.pdf) [Citado el 1 de abril de 2012]

La cual es válida para todo  $t_1 < t_2 < \dots < t_m < t_{m+1}$  y cualquier  $m$ .

Se consideran las siguientes hipótesis:

- 1.- Para  $N(t) = k$  la probabilidad (distribución) del tiempo restante hasta el siguiente nacimiento es exponencial con parámetro  $k$  ( $k = 0, 1, \dots$ ).
- 2.- Para  $N(t) = k$  la probabilidad (distribución) del tiempo restante hasta la siguiente muerte es exponencial con parámetro  $\mu k$  ( $k = 0, 1, \dots$ ).
- 3.- Solo puede ocurrir un nacimiento o una muerte en cada instante.

En un proceso de estas características es casi imposible disponer de datos para el transitorio, es decir, el estado de transición de un estado a otro. Se realizan estudios después de haber alcanzado el estacionario.

Los procesos probabilísticos con estas características son considerados Poisson<sup>9</sup>. La tasa media de sucesos que ocurren en el sistema en cualquier tiempo debe satisfacer la ecuación de balance:

Estado	
	0
$\mu_1 P_1 = \lambda_0 P_0$	
$\lambda_0 P_0 + \mu_2 P_2 = (\lambda_1 + \mu_1) P_1$	
$\lambda_1 P_1 + \mu_3 P_3 = (\lambda_2 + \mu_2) P_2$	
...	n
$\lambda_{n-1} P_{n-1} + \mu_{n+1} P_{n+1} = (\lambda_n + \mu_n) P_n$	

Donde la variable  $P$  representa las respectivas probabilidades de ocurrencia. Al despejar  $P$  en cada uno de los estados obtenemos:

Estado

---

<sup>9</sup> [www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r65637.PPT](http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r65637.PPT) [Citado el 3 de abril de 2012]

$$\begin{aligned}
1 \quad P_1 &= P_0 \frac{\lambda_0}{\mu_1} \\
2 \quad P_2 &= P_0 \frac{(\lambda_1 + \mu_1)\lambda_0}{\mu_2\mu_1} - P_0 \frac{\lambda_0}{\lambda_2} = P_0 \frac{\lambda_1\lambda_0}{\mu_2\mu_1} \\
K \quad P_k &= P_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}} = P_{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_i + 1}
\end{aligned}$$

Es posible verificar que se cumple que:

$$\sum_{K=0}^{\infty} P_k = 1$$

Por propiedades de la sumatoria, la expresión anterior se puede escribir como:

$$P_0 + \sum_{K=1}^{\infty} P_k = 1$$

A partir de esta expresión es posible obtener las siguientes expresiones:

$$P_0 + \sum_{K=1}^{\infty} P_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}} = 1$$

$$P_0 \left( 1 + \sum_{K=1}^{\infty} \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}} \right) = 1$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{K=1}^{\infty} \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}}}$$

Por lo que es posible Calcular cada una de las probabilidades calculando  $P_0$ .

Resultados para servidor M/M/1

El desarrollo matemático de las expresiones anteriores basadas en procesos de nacimiento y muerte permiten obtener las siguientes expresiones para un sistema

con tiempo entre llegadas exponenciales, tiempo de servicios exponenciales y un servidor:

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n ; \quad L_q = \sum_{n=s}^{\infty} (n-s)P_n ; \quad W = \frac{L}{\lambda} ; \quad W_q = \frac{L_q}{\lambda} ; \quad \bar{\lambda} = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_n P_n$$

Donde L, Lq, W y Wq son **los parámetros de evaluación del sistema**. Siendo:

L= numero esperado de clientes en el sistema

Lq = Longitud de la cola (excluye clientes que están en servicio).

W= Valor esperado de tiempo en el sistema

Wq = Valor esperado del tiempo de espera en cola

Las expresiones para un sistema con tiempo entre llegadas exponenciales, tiempo de servicio exponencial y un servidor son las siguientes:

$$\begin{aligned} L &= \sum_{n=0}^{\infty} n(1-\rho)P^n \\ &= (1-\rho)\rho \sum_{n=0}^{\infty} \frac{d}{d\rho} (\rho^n) \\ &= 1(1-\rho)\rho \frac{d}{d\rho} \left( \sum_{n=0}^{\infty} \rho^n \right) \\ &= 1(1-\rho)\rho \frac{d}{d\rho} \left( \frac{1}{1-\rho} \right) \\ &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \end{aligned}$$

De igual manera,

$$\begin{aligned} L_q &= \sum_{n=1}^{\infty} (n-1)P_n \\ &= L - \mathbf{1}(1-P_0) \\ &= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \end{aligned}$$

$$W = E(W) = \frac{1}{\mu(1-\rho)}$$

$$= \frac{1}{\mu-\lambda}$$

Donde

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1$$

Si se desea calcular la probabilidad de tener que esperar más de un tiempo  $t$  en cola:

$$P\{W_q > t\} = \sum_{n=1}^{\infty} P_n P\{S_n > t\}$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} (1-\rho)\rho^n P\{S_n > t\}$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} P_n P\{S_{n+1} > t\}$$

$$= \rho P\{W > t\}$$

$$= \rho e^{-\mu(1-\rho)t} \quad \text{For } t \geq 0$$

En general, para  $s > 1$ , es decir, varios servidores, se tienen los siguientes parámetros de evaluación:

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

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$L = \lambda \left( W_q + \frac{1}{\mu} \right) = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

#### 5.4 METODOLOGÍA DE LAS 5S

Las operaciones de organización, orden y limpieza fueron desarrolladas por empresas japonesas con el nombre de "5S". Se han aplicado en diversos países con notable éxito.

Las “5S” son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen el método.

El objetivo de este método es mantener y mejorar las condiciones de organización, el orden y limpieza, así como mejorar las condiciones de trabajo, seguridad, clima laboral, motivación personal y eficiencia. Un concepto que continuamente aplicado a la gestión y administración del puesto de trabajo conduce a un proceso de mejora continua, consiguiendo mejorar la productividad, competitividad y calidad en las empresas. Todo ello a través de un cambio en la cultura de trabajo, mediante la práctica planificada de los conceptos básicos de la calidad total. La implantación del método de “las 5S” supone un pilar básico para edificar un proceso de mejora continua firme y duradera

“Las 5S” es un método que proporciona los medios para generar sitios más productivos, seguros y agradables, donde se elaboran productos y servicios de mayor calidad. Este método es igualmente útil en empresas de servicios, manufactura, transformación o de cualquier otra índole, incluso puede ser aplicado en hogares, así como en actividades diarias. Las 5´s crean disciplina para obtener una mejora significativa en la productividad del puesto de trabajo, por medio de la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Para lograr esto se debe generar e implementar cambios en los procesos en cinco etapas, donde cada una servirá de fundamento; para así mantener sus beneficios en el largo plazo<sup>10</sup>

Es en parte responsabilidad de la empresa el crear un buen ambiente de trabajo, facilitando los medios necesarios. Pero también lo es de todos y cada uno de los trabajadores. El trabajador puede crear, con su actitud y sus hábitos, un ambiente favorable que haga posible su satisfacción personal y una excelente calidad de los productos y servicios que realiza.

En definitiva: mejorar la calidad, la productividad y la competitividad de la organización. Además la implantación del método de “las 5S” en un área concreta de la empresa, contribuye a aumentar la eficiencia de la entidad, además de mejorar las condiciones de seguridad en el puesto de trabajo.

Las “5S” responden a los siguientes vocablos y conceptos:

SEIRI.- ORGANIZACIÓN. Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de estos últimos.

---

<sup>10</sup>SOCCONINI, Lean manufacturing paso a paso. México. 2008

SEITON.- ORDEN. Se trata de establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

SEISO.- LIMPIEZA. Basada en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado.

SEIKETSU.- CONTROL VISUAL. El objetivo es distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.

SHITSUKE.- DISCIPLINA Y HÁBITO. Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

Figura 3 diagrama 5'S



Fuente:

[https://www.google.com.co/search?q=metodologia+de+las+5s&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=KImRVezhDcXQ-QGs6bGIBg&ved=0CAYQ\\_AUoAQ&biw=360&bih=567#imgrc=2-fbTIQB3Y1YJM%3A](https://www.google.com.co/search?q=metodologia+de+las+5s&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=KImRVezhDcXQ-QGs6bGIBg&ved=0CAYQ_AUoAQ&biw=360&bih=567#imgrc=2-fbTIQB3Y1YJM%3A)

Las tres primeras fases, selección, orden y limpieza, son operativas. La cuarta, a través del control visual ayuda a mantener el estado alcanzado en las fases anteriores mediante la aplicación de estándares. La quinta fase permite adquirir el hábito de las prácticas y aplicar la mejora continua en el trabajo diario.<sup>11</sup>

El método de “las 5S” es una estrategia fácil de comprender. Con este método se proporcionan los medios para generar espacios más productivos, seguros y agradables, consiguiendo elaborar productos y servicios de mayor calidad. No obstante su simplicidad, la fuerza de la costumbre dificulta su implantación y mantenimiento.

#### **5.4.1 BENEFICIOS QUE APORTAN LAS 5S**

La Implementación de esta metodología trae beneficios que hace que la mejora continua sea una tarea de todos, dado que la implantación del método de “las 5S” se basa en el trabajo en equipo. Así, permite involucrar a todos en el proceso de mejora desde su conocimiento del puesto de trabajo.

La calidad empieza por la propia persona y por el ambiente que le rodea. Esta es la razón de la utilización de la metodología 5S, enfocada a lograr sitios de trabajo realmente excepcionales, donde se respire un ambiente eficiente, seguro y confortable.

Se logra una mayor productividad, basada en los siguientes aspectos mejorados:

- Menos productos defectuosos.
- Menos averías.
- Menos accidentes.
- Menos movimientos y traslados inútiles.
- Menor tiempo necesario para realizar cambios de herramientas.
- Evidenciar tanto las condiciones de buen funcionamiento como las disfunciones.

Un aspecto fundamental es también la mejora de las condiciones de trabajo desde el punto de vista de calidad de vida:

- Mejoran las condiciones de trabajo, por aumento de la limpieza y disminución del número de accidentes.

---

<sup>11</sup>SACRISTAN, F.R, Las 5´s orden y limpieza en el puesto de trabajo. Madrid. 2005.

-Transforman físicamente el entorno del puesto de trabajo, pues se actúa profundamente sobre el estado de ánimo y el comportamiento de cada uno, independientemente de su posición en la empresa.

- Se favorece el espíritu del trabajo en equipo.

La mejora sobre el lugar de trabajo implica directamente un mayor espacio, pero también consecuencias adicionales:

- Mejor imagen ante nuestros clientes.
- Mayor cooperación y trabajo en equipo.
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
- Mayor conocimiento del puesto.

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación se basa en un tipo de investigación descriptiva-experimental mediante la manipulación de unas variables las cuales serán procesadas a través de métodos matemáticos y computacionales con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación en particular.

El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él. En este caso se introducirán las variables correspondientes a los parámetros de desempeño para controlar el aumento o disminución de estos y su efecto en las conductas que presenta el sistema. En este caso, el proyecto se dividirá en dos etapas principales, la primera corresponde a un estudio de diagnóstico para determinar el estado en que se encuentra el sistema de colas y tiempos de espera de la Ferretería La Casita a través de la observación cualitativa y a una simulación en tiempo discreto. Posteriormente, se realizarán mejoras utilizando el mínimo de recursos de acuerdo a lo planteado por la gerencia y se realizará una segunda simulación en tiempo discreto para evidenciar la reducción de tiempo de espera de acuerdo al esquema planteado.

## 7. DESARROLLO DEL PROYECTO

De acuerdo a la metodología descrita en el presente proyecto, el primer paso es realizar un diagnóstico para establecer el estado en que se encuentra el sistema de tiempos de espera con respecto a las actividades que los clientes deben realizar desde que entran a la ferretería la casita hasta que salen de la misma con los elementos que desean comprar. Para conseguir este objetivo se delimitará el sistema de colas como el espacio y distribución física correspondientes a las instalaciones de La Casita desde el área de ingreso hasta las áreas de despacho. A continuación se describen cada uno de los procesos de atención que deben pasar los clientes una vez ingresen a la ferretería.

**Atención comercial y Facturación:** Este es el primer proceso con el que se encuentran los clientes (o entidades) al ingresar a la Ferretería la casita. El almacén cuenta con un *set* de siete (7) asesores comerciales los cuales atienden las solicitudes de los clientes, verifican la disponibilidad de los elementos requeridos y posteriormente proceden con el proceso de Facturación a cada uno.

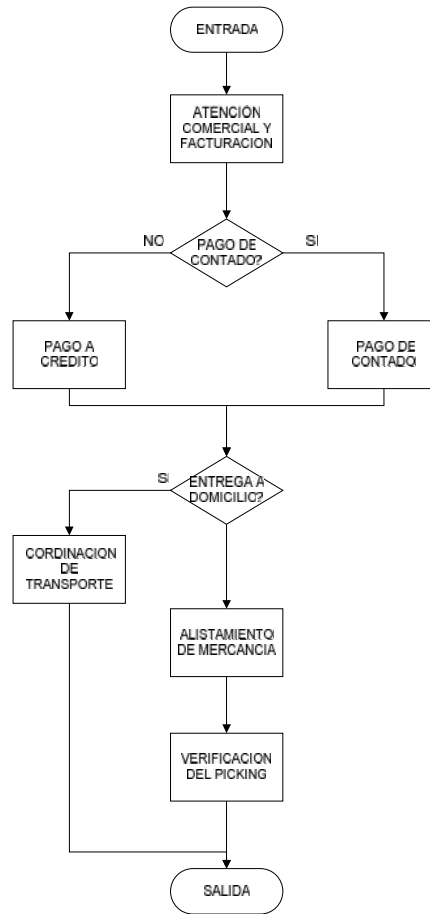
**Pago:** En este proceso, los clientes realizan el pago de la factura para proceder a adquirir sus elementos. El pago puede ser de contado o a crédito para algunos clientes que se les ha aprobado previamente un cupo. Se tiene un cajero para cada caso.

**Alistamiento de Mercancía:** Se realiza en el caso en que el cliente no opte por la entrega a domicilio. En este proceso se toma de cada elemento previamente facturado de las bodegas, se realiza el descargue del inventario físico se entrega al cliente. Esta actividad cuenta con un *set* de tres auxiliares de despacho los cuales atienden la demanda de los clientes provenientes de la estación de pagos.

**Verificación del 'Picking':** Se realiza en el caso en que el cliente no opte por la entrega a domicilio. Esta es una estación de verificación. Aquí se realiza el descargue del inventario en el sistema y se comprueba que los ítems facturados son los mismos que han sido despachados al cliente.

En esta delimitación se llevan a cabo los diferentes procesos de atención necesarios para atender los clientes de acuerdo a sus requerimientos y necesidades, los cuales pueden visualizarse en el diagrama de flujo mostrado en la figura 3

Figura 4 Diagrama de flujo de los procesos de atención en la Ferrería La Casita



Fuente: Autores

## 7.1. DIAGNOSTICO

Para diagnosticar de manera efectiva el sistema de colas se seguirán cuatro pasos metodológicos así:

- Observación Cualitativa
- Cálculo de los parámetros del sistema de colas a través de toma de tiempos.
- Cálculo de las distribuciones de probabilidad asociadas a los tiempos de espera en cada proceso y a las llegadas utilizando la herramienta Input Analyzer de Arena.

- Simulación en tiempo discreto a través del Software Rockwell Arena.

### **7.1.1. OBSERVACION CUALITATIVA**

El primer paso para realizar un diagnóstico del estado en que se encuentra el sistema de colas de la Ferretería La Casita es la observación. Para tal fin se dispuso a realizar la observación cualitativa durante cinco días hábiles en el almacén, observando donde se generaban colas, que reproceso habían, actitud de los clientes durante la espera, posibles deserciones de colas etc. Lo anterior con el fin de contrastar los resultados del análisis cuantitativo que se realizó con posterioridad. Como resultado de esta observación, se destacan los siguientes hallazgos:

1. Debido a la tasa de llegadas de clientes, el mayor número de clientes en espera (en promedio) se observó en el proceso de atención al cliente y facturación (a pesar de haber siete asesores comerciales atendiendo los clientes).
2. La persona encargada de recibir el pago en efectivo parece tener una cadencia lenta debido a algunos distractores durante la jornada laboral, charla con compañeros, ausencia en el puesto de trabajo etc.
3. El proceso con mayor tiempo promedio de espera fue en la estación de pago en efectivo. La gran mayoría de clientes paga en efectivo. El cajero encargado de realizar la documentación para los clientes con pago a crédito permanece gran cantidad de tiempo desocupado.
4. Se observó que durante los cinco días de observación cualitativa, cinco clientes decidieron no comprar en la ferretería al ver la cola en la estación de pago.

Con esta información procedemos a realizar un análisis cuantitativo para obtener las métricas de entrada para realizar una simulación del estado en que se encuentra el sistema de colas en la Ferretería la Casita. Para ello, calculamos un tamaño de muestra cualitativo por conveniencia de otros cinco días hábiles. Lo anterior debido a que la gerencia del almacén no permitió tomar un mayor número de observaciones o mediciones por políticas internas de la organización.

## **7.1.2. CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL SISTEMA**

Para tomar los tiempos necesarios para el diseño y elaboración de la simulación en tiempo discreto, es necesario realizar tres grupos de mediciones. El primer grupo calcula la tasa de llegadas la cual expresa el número de clientes que entran al sistema por unidad de tiempo. La segunda calcula la tasa e servicio  $\mu$  en cada una de las estaciones de la ferretería y el tercer grupo calcula el porcentaje de clientes que se van por un camino o por otro en las decisiones que se presentan en el flujo dentro del sistema, es decir, que porcentaje de clientes paga en efectivo, o que porcentaje de clientes deciden contratar servicio a domicilio. Luego de tomar los tiempos se procede a calcular la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos recolectados

### **7.1.2.1. CALCULO DE LA TASA DE LLEGADAS**

Como se mencionó en el marco teórico, es uno de los parámetros que describe el sistema de colas, debido que proporciona el número de clientes que ingresa al sistema por unidad de tiempo. El desempeño del sistema es proporcional a esta tasa debido a que cuanto mayor sea su magnitud, mayor es la probabilidad de que se generen colas. Cabe resaltar que en este caso la distribución de probabilidad que mejor modela este comportamiento es la Distribución de Poisson y es el mejor modelo para describir sistemas de tiempos de espera<sup>12</sup>. Esta es una distribución de probabilidad discreta. Lo anterior es consecuente con el hecho de que las entidades que entran al sistema se miden en números enteros, ósea tres clientes, cuatro clientes etc. A pesar de lo anterior, para efectos de realizar una simulación, no es posible expresar esta tasa en términos de clientes o en general entidades porque su esquema está diseñado para estudiar el tiempo como la principal variable aleatoria. Para tal fin, es necesario utilizar una variable aleatoria que exprese el tiempo como función de la tasa de llegadas, en este caso se debe introducir al simulador ARENA la distribución de probabilidad que modele el tiempo entre llegas de clientes y no la tasa de llegadas. Para conseguir este objetivo se determinó que debía haber una persona que registrara la hora y el

---

<sup>12</sup>Canavos George. Probabilidad y Estadística Aplicaciones y Métodos. 1ª ed. Mc Graw Hill, México 1995

minuto en que entraban los clientes a la Ferretería La Casita, por ejemplo, si la jornada laboral empieza a las 7:00 am y a las 7:01 entró un cliente, se debe anotar 7:01, luego a las 7:02 entraron dos clientes, se debe anotar 7:02 y 7:02 y así sucesivamente. Finalmente se tendrá una matriz de la hora y minutos de llegadas de cada cliente. En la figura 5 se muestra el resultado de lo anterior.

Figura 5 Matriz parcial de horas de llegadas de clientes a la Ferretería La Casita entre las 7:00 am y las 8:07 am

HORA	MINUTOS
7	3
7	5
7	11
7	18
7	18
7	19
7	21
7	23
7	23
7	27
7	33
7	33
7	34
7	38
7	40
7	43
7	51
7	53
7	53
7	57
8	2
8	6
8	7
8	7

Fuente: Autores

Una vez se obtiene la matriz de hora de llegada de los clientes procedemos a obtener la variable Tiempo entre Llegadas para efectos de obtener la variable principal de la simulación. Este proceso se realizará restando la hora de llegada de un cliente menos la hora de llegada del cliente anterior y se registrará una Columna con dichas diferencias  $\Delta t$  tal como se muestra en la figura 6

Figura 6 Matriz parcial de horas de llegadas de clientes y tiempo entre llegadas a la Ferretería La Casita entre las 7:00 am y las 8:07 am

HORA	MINUTOS	TIEMPO ENTRE LLEGADAS
7	3	-
7	5	2
7	11	6
7	18	7
7	18	0
7	19	1
7	21	2
7	23	2
7	23	0
7	27	4
7	33	6
7	33	0
7	34	1
7	38	4
7	40	2
7	43	3
7	51	8
7	53	2
7	53	0
7	57	4
8	2	
8	6	4
8	7	1
8	7	0

Fuente: Autores

La columna de tiempo entre llegadas de los cinco días de muestras se colectan en una única columna y se guarda en un archivo .txt para su posterior procesamiento en Arena.

### 7.1.2.2. CALCULO DE LA TASA DE SERVICIO $\mu$

La toma de tiempos para este parámetro es más intuitiva que la anterior. Se trata de medir el tiempo que demora cada cliente en cada proceso durante el horizonte de muestreo de cinco días. Para tal fin se contrataron cuatro personas para que realizaran esta tarea con cada cliente en cada estación de la Ferretería la casita. Los resultados parciales del proceso de Atención comercial y Facturación se muestran en la figura 7. Los tiempos completos incluyendo todos los procesos se muestran en el anexo de este libro.

Figura 7 Matriz parcial tiempo de esperas en el proceso de Facturación en la Ferretería La Casita

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
14.14	17.79	13.50	13.86	15.55
14.06	18.18	14.65	17.99	15.87
17.37	15.61	15.17	13.43	13.72
16.13	18.27	15.45	14.50	14.89
17.71	13.62	14.20	12.53	14.61
18.68	19.60	13.67	12.93	15.36
12.99	18.07	12.60	12.93	14.23
12.73	15.79	12.72	13.33	13.96
13.80	15.46	14.69	12.38	13.40
12.52	17.06	14.25	13.15	16.68
18.42	15.24	15.71	14.81	16.36
14.34	14.63	12.83	12.80	13.46
16.28	16.62	14.16	17.04	17.55
16.92	17.77	14.43	13.84	17.97
14.28	15.06	14.32	15.93	13.15
15.71	12.35	14.17	17.52	13.89
17.36	16.41	13.37	17.30	13.77
14.57	15.95	15.69	15.11	13.89
11.85	19.74	15.38	18.08	12.74
16.82	13.30	17.00	15.31	11.95
15.99	16.09	15.74	15.55	18.09
14.73	11.97	13.87	16.07	15.73
12.27	14.93	15.07	12.84	18.09
17.37	13.11	16.95	17.31	12.73
14.97	17.77	14.54	12.78	17.95
16.05	19.42	11.96	15.22	12.64

Fuente: Autores

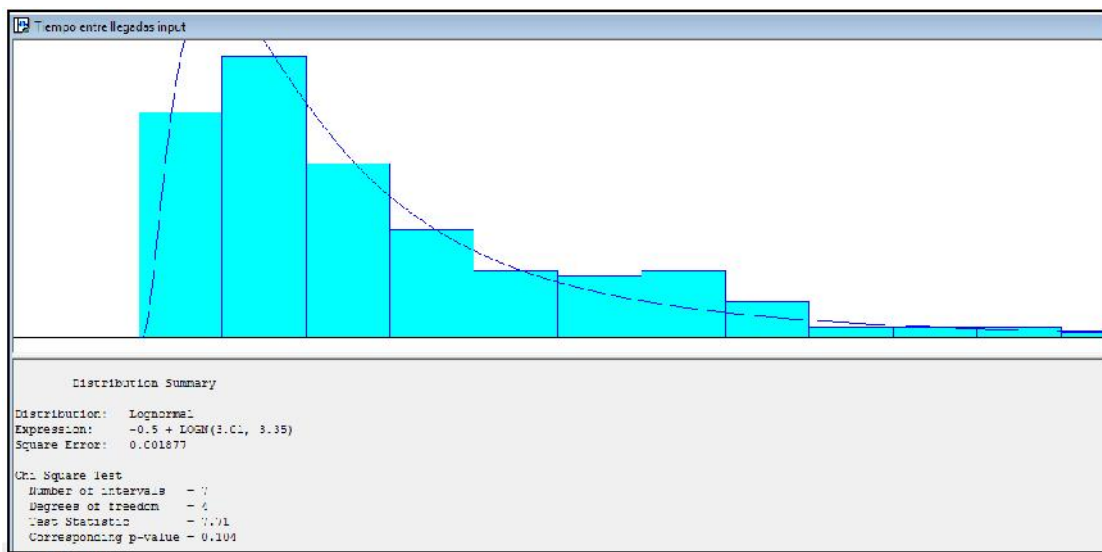
### 7.1.3. CALCULO DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Teniendo las mediciones de tiempos tanto para las llegadas como para cada uno de los procesos en formato txt, se calculan las distribuciones de probabilidad que mejor se ajustan a dichos datos. Para tal fin, se utilizó la herramienta Input Analyzer de Arena.

#### 7.1.3.1. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO ENTRE LLEGADAS

Teniendo en archivo txt el tiempo entre llegadas explicado con anterioridad, se procede a calcular la distribución que mejor se ajusta. El Input Analyzer de ARENA permite probar simultáneamente varias distribuciones y utilizar un algoritmo interno para escoger aquella con menor error cuadrático medio. Para el tiempo de Llegadas se obtuvo que de acuerdo a los datos tomados la distribución más apropiada para modelar las llegadas sea la distribución Lognormal. Esta funciona similar a la Distribución Exponencial, la cual es modelo para la Teoría de Colas. En general cabe resaltar que mientras la tasa de llegadas se distribuye Poisson (distribución discreta), el tiempo de llegas se distribuye Exponencial (distribución continua) o una de sus familias

Figura 8 Distribución de Probabilidad del tiempo entre llegadas de clientes a la Ferretería La Casita



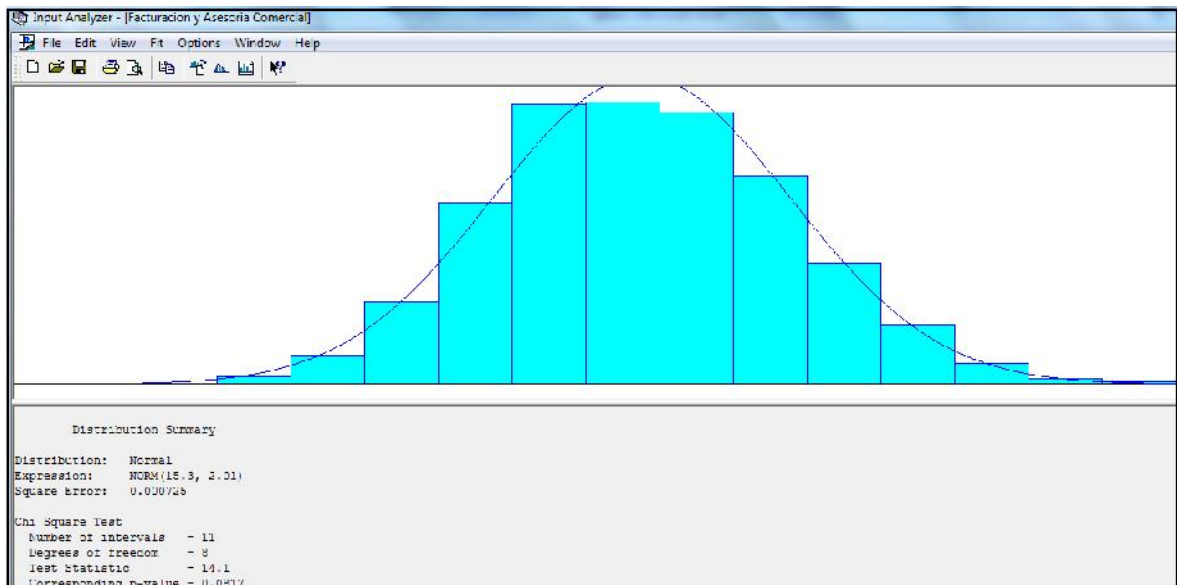
Fuente: Autores

La ecuación que modela la distribución es  $-0.5 + \text{LOGN}(3.01, 3.35)$ , el Error Cuadrático Medio es de 0.001877 y el valor p es de 0.104, que con un nivel de confianza del 95% no puede rechazarse la hipótesis de que estos datos se comportan como una distribución Lognormal.

### 7.1.3.2. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA EL PROCESO DE ATENCIÓN COMERCIAL Y FACTURACIÓN

Al igual que para el tiempo de llegadas, teniendo el archivo txt del tiempo en minutos (números enteros únicamente) de cada cliente que paso por esta estación de servicio, la distribución que arrojó el input Analyzer fue la Siguiete

Figura 9 Distribución de Probabilidad del tiempo entre llegadas de clientes a la Ferretería La Casita



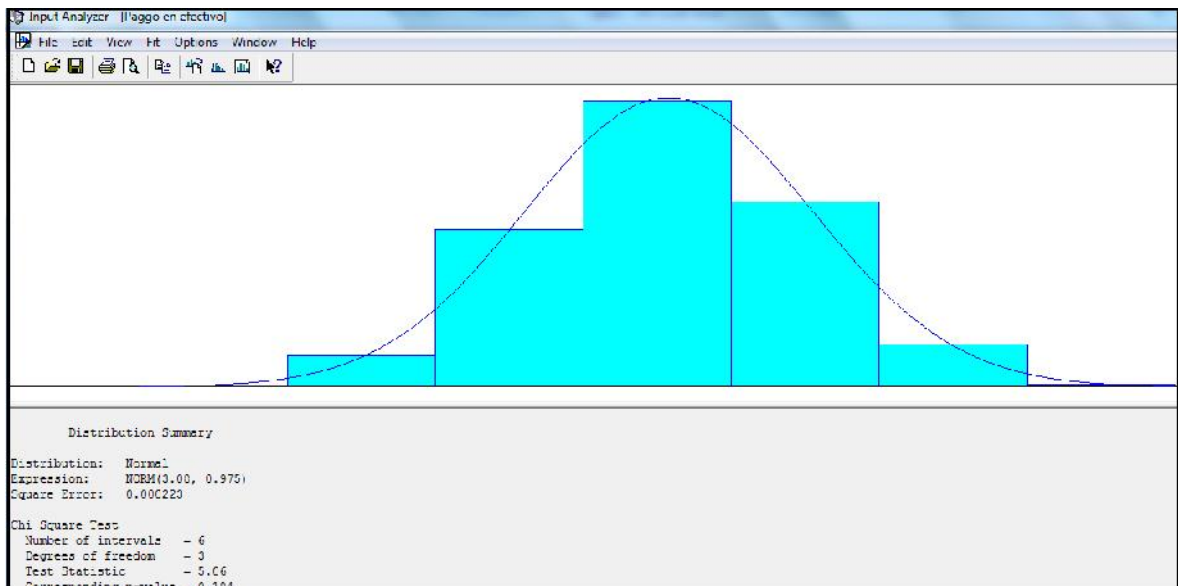
Fuente: arena software

La ecuación que modela la distribución es  $\text{NORM}(15.3, 2.01)$ , el Error Cuadrático Medio es de 0.000725 y el valor p es de 0.0817, que con un nivel de confianza del 95% no puede rechazarse la hipótesis de que estos datos se comportan como una distribución Normal.

### 7.1.3.3. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA EL PROCESO DE PAGO EN EFECTIVO

De acuerdo a los resultados evidenciados en el muestro y el procesamiento de los datos en la herramienta Input analyzer de Arena, la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a dichos datos es la distribución normal con la expresión matemática **NORM(3.09, 0.975)** con un error cuadrático medio 0.000223 lo cual es suficientemente confiable para obtener conclusiones cercanas a la realidad. Cabe resaltar que durante la toma de muestras, se observó una gran cantidad de clientes en cola y el servidor se mostró con una carga laboral bastante alta. También se observaron inconformidades de los clientes por la excesiva espera de este proceso y se observaron dos clientes que desertaron de la cola.

Figura 10 Distribución de Probabilidad para el proceso de pago en efectivo de la Ferretería La Casita



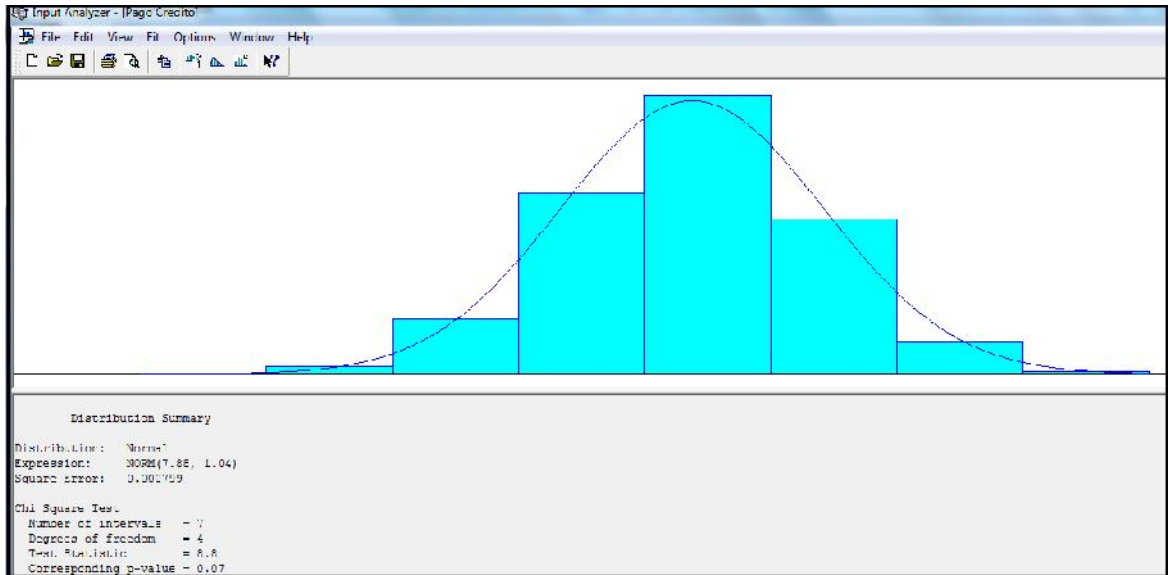
Fuente: Autores

La ecuación que modela la distribución es **NORM(3.08, 0.975)**, lo cual indica que el muestreo presenta un tiempo promedio de duración de pago en efectivo muy cercano a los tres minutos con una desviación estándar de prácticamente un minuto. El Error Cuadrático Medio es de 0.000223 y el valor p es de 0.184, que con un nivel de confianza del 95% no puede rechazarse la hipótesis de que estos datos se comportan como una distribución Normal

### 7.1.3.4. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA PAGO CRÉDITO

Para el proceso de pago crédito se ajustó de igual manera una distribución normal con la expresión **NORM(3.08, 0.975)**,

Figura 11 Distribución de Probabilidad para el proceso de pago crédito de la Ferretería La Casita



Fuente: Autores

La ecuación que modela la distribución es **NORM(7.88, 1.04)** lo cual indica que el muestreo presenta un tiempo promedio de duración de pago en efectivo muy cercano a los tres minutos con una desviación estándar de prácticamente un minuto. El Error Cuadrático Medio es de 0.000799 y el valor p es de 0.07, que con un nivel de confianza del 95% no puede rechazarse la hipótesis de que estos datos se comportan como una distribución Normal

#### **7.1.4. ESTRUCTURA DE LA SIMULACION DE DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE COLA DE LA FERRETERIA LA CASITA**

Después de calcular cada una de las distribuciones de probabilidad para cada uno de los procesos de atención que toman lugar en la ferretería La Casita, el siguiente paso es utilizar dichos resultados para diseñar, correr y analizar una simulación en tiempo discreto para detectar los cuellos de botella y hacer precisiones sobre el desempeño del sistema.

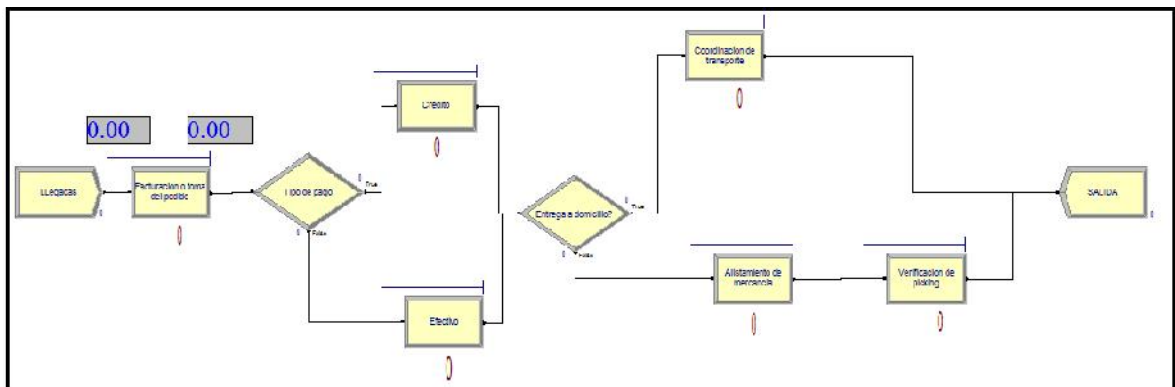
##### **7.1.4.1. CARACTERISTICAS DE LA SIMULACIÓN**

- Las entidades en el sistema corresponden a los clientes que llegan a la Ferretería La Casita.
- El proceso de llegadas de entidades (clientes) es el resultado de la distribución de probabilidad continua correspondiente al tiempo entre llegadas, la cual es equivalente a la distribución de Poisson para la tasa de llegadas de entidades al sistema por unidad de tiempo.
- El proceso de atención comercial o toma de pedido está determinado por un *set* de recursos correspondiente a siete (7) asesores comerciales.
- El proceso de pago cuenta con un recurso para la atención de pago en efectivo y un recurso para la atención de los clientes con pago crédito.
- Solo el 15% de los clientes paga en la modalidad de crédito y el 20% deciden contratar el servicio a domicilio
- Existe un *set* de tres auxiliares de despacho en el proceso de alistamiento de mercancía para los clientes que no contratan servicio a domicilio.
- Teniendo en cuenta las restricciones de la versión estudiantil del software Arena v.11, solo pueden ingresar máximo 150 entidades al sistema.

- La simulación se configura corriendo cuatro veces independientes para aleatorizar el experimento y generar informes estadísticos con un mayor nivel de confianza
- La simulación correrá por un periodo de 234 horas equivalentes a 26 días laborales por turno de 9 horas cada día.

En la figura 12 se muestra el esquema general de los procesos que involucra la simulación del sistema de colas

Figura 12 esquema general de los procesos que involucra la simulación del sistema de colas



Fuente: Software Arena v11

## 7.2. RESULTADOS DE LA SIMULACION DE DIAGNOSTICO

Después de correr la simulación cuatro veces durante 246 horas, se obtienen los resultados que se describen en los siguientes numerales

### 7.2.1. ENTIDADES

En la figura 13 se muestran los resultados estadísticos de la simulación en cuanto al comportamiento de las entidades (clientes).

Figura 13 Resultados de los tiempos en el sistema en la Ferretería La Casita (Tiempos)

<b>Time</b>						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cientes	28.0565	1	27.9913	28.1218	18.5086	42.3519
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cientes	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cientes	20.4144	128	10.3235	30.5053	0.00	71.3618
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cientes	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cientes	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cientes	48.4709	127	38.4452	58.4966	19.9409	100.97

Fuente: Software Arena v11

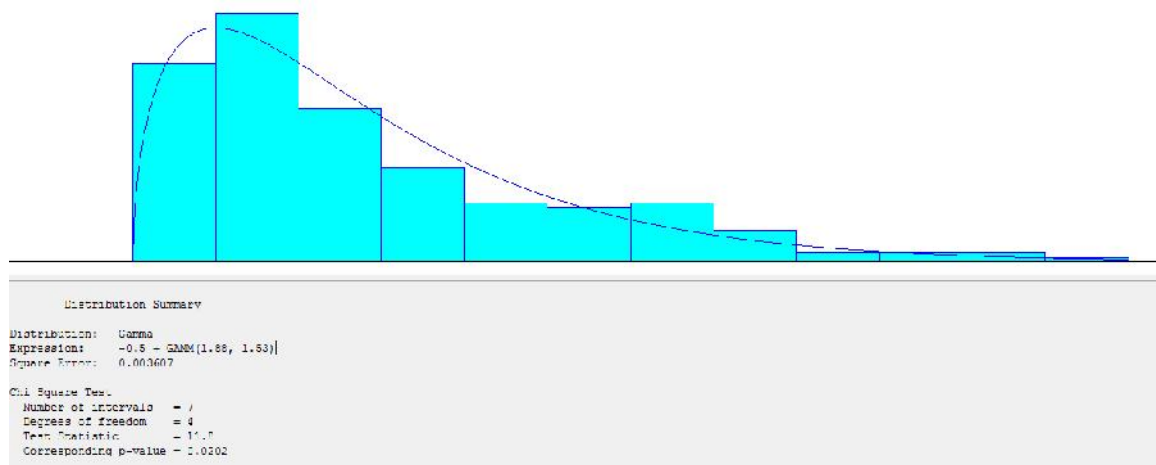
- **VA TIME (VALUE ADDED TIME) O TIEMPO EN EL SISTEMA UTILIZANDO RECURSOS**

En esta parte se observa que el promedio de tiempo en que se agrega valor (tiempo de atención al cliente) de cada entidad en el sistema es de 28 minutos. El máximo tiempo registrado en la simulación durante el cual se agregó valor es de 48 minutos. Sin embargo, el parámetro “Wait time” o tiempo en el sistema esperando en ser atendido fue de 20 minutos con un registro máximo de 72 minutos, lo anterior para un tiempo promedio total en el sistema (dentro de la ferretería de 48 minutos con máximo registrado de 100 minutos).

De acuerdo a lo mostrado en las figuras 8 a la 11 en la sección anterior se observan las distribuciones de probabilidad de los procesos como salida de la herramienta Input Analyzer de Arena. Sin embargo la distribución que arroja menor Error Cuadrático Medio para el tiempo entre llegadas es **-0.5 + LOGN(3.01,**

**3.35)**, lo que no corresponde al modelo markoviano que sustenta una distribución exponencial para estos datos. Lo anterior no presenta diferencia significativa con la distribución exponencial con respecto a la simulación debido a que el ECM de esta es 0.003607, que comparado el de la distribución Lognormal que es de 0.001877 (diferencia del orden de milésimas), se decide usar la simulación Lognormal por tener un 92% más de ajuste en ese orden de milésimas. La siguiente figura 14 muestra la distribución de los datos del tiempo entre llegadas con ajuste exponencial.

**Figura 14** la distribución de los datos del tiempo entre llegadas con ajuste exponencial.



Fuente: Software Arena v11

## 7.2.2. QUEUE (TIEMPO DE ESPERA EN COLA)

En la figura 15 se muestran los resultados estadísticos de la simulación en cuanto al tiempo de espera en cola (o tiempo promedio de los clientes en ser atendidos). En esta sección los datos muestran el desempeño del sistema en cuanto a la satisfacción del cliente, en otras palabras, el tiempo de espera de clientes es inversamente proporcional al nivel de servicio asociado a la experiencia del cliente, por lo tanto es necesario concentrarse en este indicador para proponer las mejoras a las que diere lugar. El principal objetivo que desea alcanzar la gerencia de la Ferretería la Casita en la ciudad de Bucaramanga es mejorar la experiencia del cliente en cuanto al nivel de servicio suministrado, y este es un indicador clave de desempeño para medir la gestión

De igual manera se debe resaltar que en el proceso de pago en efectivo se encuentra la mayor probabilidad de deserción de clientes que a pesar de ya haber facturado pueden retirarse de la ferretería y perderse la venta y el cliente. El segundo proceso con mayor espera está en la toma del pedido, este punto también es crítico porque el cliente tiene una probabilidad muy alta de no realizar la compra en la ferretería por el simple hecho de evidenciar una gran cantidad de personas esperando por ser atendidas

Figura 15 Resultados de los tiempos de espera en el sistema en la Ferretería La Casita (Colas)

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Alistamiento de mercancia.Queue	1.2328	0	1.2186	1.2470	0.00	9.3763
Coordinacion de transporte.Queue	1.4284	9	0.7091	2.1477	0.00	12.0854
Credito.Queue	1.0478	3	0.8173	1.2783	0.00	7.1071
Efectivo.Queue	16.3145	127	6.3077	26.3212	0.00	62.2115
Facturacion o toma del pedido.Queue	4.7909	19	3.3031	6.2788	0.00	24.6991
Verificacion de picking.Queue	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00

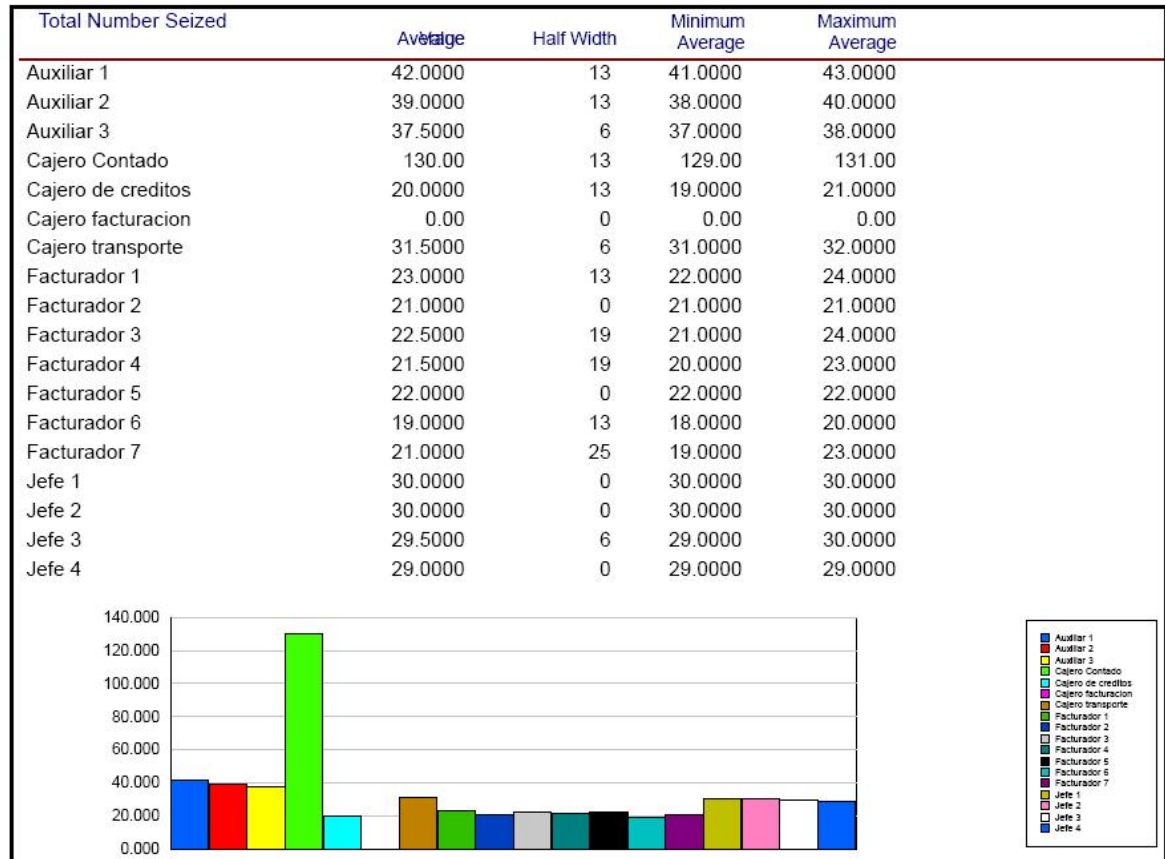
Fuente: Software Arena v11.

En la figura 15 se observa el tiempo promedio de los clientes en cola en cada proceso de atención dentro de la Ferretería La Casita. Claramente se denota que el proceso de pago en efectivo y el proceso de facturación representan el cuello de botella en el sistema. Dentro del muestreo tomado se evidenció lo que ahora se visualiza numéricamente, un cliente dura en promedio 16 minutos esperando para realizar el pago de su factura en efectivo. Lo anterior se debe a que la gran mayoría de clientes (80% según el muestreo) deciden pagar en efectivo, lo que significa que esta estación recibe los clientes provenientes de los 14 asesores comerciales en el proceso de facturación y toma del pedido.

Que el cuello de botella se encuentre en estos dos procesos es una característica indeseable para la ferretería La Casita, ya que en este punto es más probable que exista deserción por parte de los clientes generando pérdidas tangibles de ventas y las repercusiones adicionales que implica perder clientes.

### 7.2.3. RESULTADO DEL NÚMERO DE ENTIDADES ATENDIDAS POR CADA RECURSO

Figura 16 Estadísticas del número de clientes atendidos la fase de diagnóstico del sistema de colas en la Ferretería La Casita



Fuente: Software Arena v11

En la figura 16 se muestra el número de clientes atendido por cada recurso dentro de las instalaciones de la ferretería. Durante las 10 horas de simulación por turno por replicación<sup>13</sup>. Se atendieron 130 clientes en promedio durante las 10 horas lo que indica que existe un promedio de deserción de 20 clientes por jornada laboral. La barra verde representa los 130 clientes que realizaron el pago de contado, lo cual converge con la idea de que debe balancearse el sistema para anual o disminuir la magnitud del cuello de botella

<sup>13</sup>Se realizaron tres veces la simulación para darle mayor aleatorización al modelo de simulación

### 7.3. PROPUESTA DE MEJORA

Habiendo identificado los cuellos de botella en la fase de diagnóstico, los integrantes del equipo del presente proyecto consideran que es pertinente enfocarse en los procesos de pago en efectivo y en el proceso de atención comercial y facturación. El objetivo de mejora debe ser disminuir al máximo los tiempos de espera totales en el sistema y así mismo entonces a 0 el número de clientes no atendidos durante el período de operación de la ferretería La casita. Para tal fin, la gerencia administrativa de organización debe conocer los costos asociados a los diferentes niveles de servicio que pueden presentarse dentro de sus instalaciones para poder tomar la decisión de contratar o no nuevos recursos.

#### 7.3.1. ANÁLISIS DE COSTOS Y DEFINICION DEL NÚMERO DE SERVIDORES

De acuerdo a la observación de la operación de atención a los clientes, se concluyó que los clientes que deciden desertar<sup>14</sup> durante el período de muestreo son en promedio 20 con 17 servidores. Si el número de servidores aumentaba a 18 (colocando un servidor adicional en el proceso de pago en efectivo, el número promedio de desertores se reduce en un 50%. A partir de lo anterior y según los resultados estadísticos de la simulación se construye la siguiente tabla:

Tabla 1 costos totales

Servidores	costo de servicio	Desertores	Costo de Espera	Costo total
17	\$ 10,858,240.00	20	\$ 1,400,000.00	\$ 12,258,240.00
18	\$ 11,496,960.00	10	\$ 700,000.00	\$ 12,196,960.00
19	\$ 12,135,680.00	6	\$ 420,000.00	\$ 12,555,680.00
20	\$ 12,774,400.00	2	\$ 140,000.00	\$ 12,914,400.00

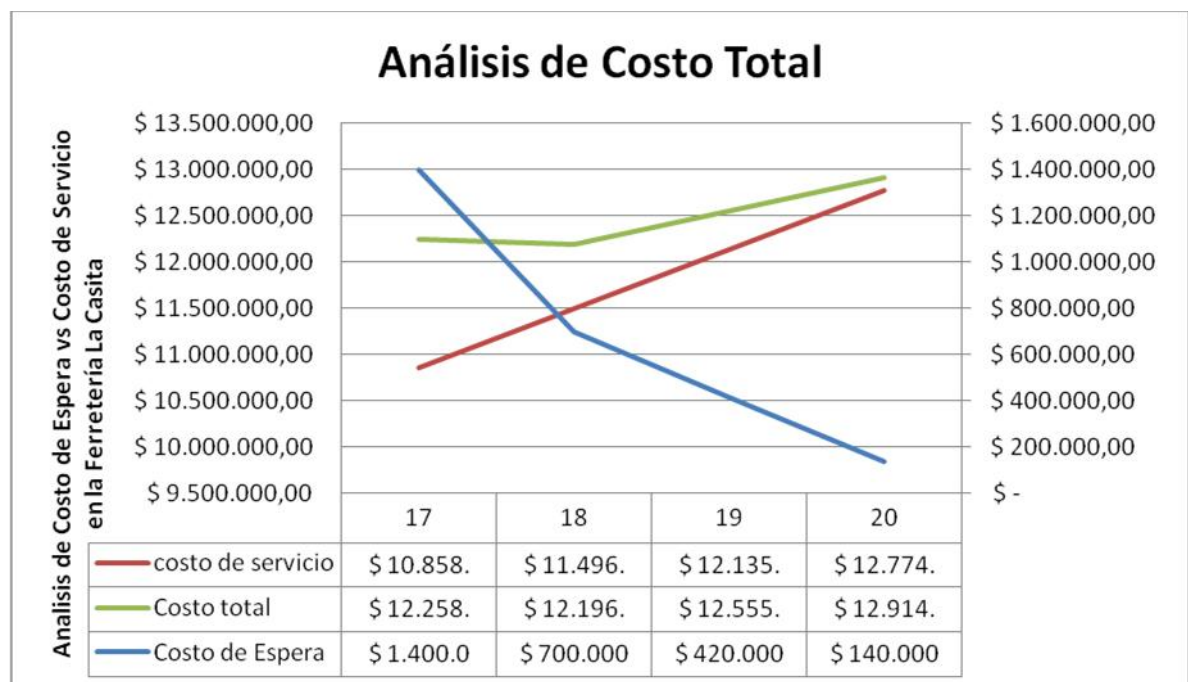
Autores

---

<sup>14</sup>Los desertores se definen como clientes que entran al sistema pero que no fueron atendidos ya sea porque se retiraron de la fila voluntariamente o porque no alcanzaron a ser atendidos dentro del horario de operación

El costo de servicio se define como el valor en pesos que le cuesta a la compañía contratar un servidor, para este caso se le asignó un valor de referencia de \$638,720 equivalente a un salario mínimo mensual vigente. Se sabe que el valor real es más alto, sin embargo no afecta el resultado final de cálculo del número de servidores. El costo de espera por su parte se realiza basado en el supuesto que cada cliente compra un promedio de \$70 000, por lo que si 20 clientes desertan del sistema, equivale a una pérdida de \$140,000. El costo total equivale a la suma del costo de servicio más el costo de espera y se muestra en la figura 17

Figura 17 Análisis de Costo de Espera vs Costo de Servicio en la Ferretería La Casita



Fuente: Software Arena v11

En el gráfico, el eje horizontal representa el número de servidores y el eje vertical representa el costo. La línea roja representa el costo de servicio, en la cual se ve la tendencia creciente a medida que aumentamos el número de servidores. La línea azul representa el costo de espera, la cual tiene una tendencia decreciente al aumentar el número de servidores, es decir entre más servidores menos espera y menos pérdida de ventas y de clientes. El costo Total es representado con la línea de color verde y es la suma de las funciones representadas en color verde y azul.

Después de observar la gráfica, se observa que el costo total mínimo se da en punto de inflexión, es decir, en el punto más bajo de la línea verde. Este punto

corresponde a 18 servidores con un costo total de referencia de \$ 12,196,900. Lo anterior significa que a pesar de seguir disminuyendo el costo de espera al ir aumentando el número de servidores el costo total comienza a aumentar debido a un crecimiento grande en el costo de servicio. Sin embargo, a pesar de que el modelo nos sugiere tener un cajero adicional es necesario analizar información contenida dentro de la simulación de diagnóstico con el ánimo de redistribuir el esquema general de los cajeros en cada una de las estaciones, por ejemplo, el tiempo de ocio del cajero que atiende el pago a través de las diferentes modalidades de crédito que ofrece la Ferretería La Casita es alto, teniendo en cuenta que solo un 20% del total de clientes tiene acceso a este beneficio, lo cual se convierte en tiempos muertos que pueden ayudar a agregar valor.

### **7.3.2. IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS PARA AUMENTAR EL DESEMPEÑO DE LOS SERVIDORES**

Como se vio en la sección anterior, es posible calcular el número óptimo de servidores mejorando la relación entre el costo de servicio y el costo de espera. Sin embargo, es posible aumentar el nivel de servicio en las diferentes estaciones de la ferretería aumentando el número de clientes atendidos por unidad de tiempo. Para tal fin se consideró la herramienta 5s como apropiada para disminuir desperdicios relacionados principalmente con el tiempo.

#### **7.3.2.1. IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA**

Inicialmente se realizó una capacitación a los empleados de Ferretería la Casita sobre las ventajas y beneficios que trae la aplicación de la metodología de las 5s en las organizaciones, se les explicó el significado de la técnica y como se podía aplicar esta metodología en la bodega y despachos para garantizar un mejor ambiente de trabajo.

#### **7.3.2.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA S (CLASIFICAR):**

En la implementación de la primera S se utilizó el formato de tarjetas rojas donde el personal encargado de cada Área tenía la tarea de identificar los elementos

innecesarios, el tipo de desecho y su disposición final en la bodega y Zona de despachos.



Figura 19 Aplicación de una de las 5s



Figura 20 Organización de puestos de trabajo

Figura 21 Formato de tarjeta Roja para identificar los elementos no necesarios

METODOLOGÍA 5S's		
TARJETA ROJA		
Fecha:	No. Registro	
Área:		
Descripción del Objeto:		
Categoría		
Equipos	Producto terminado	
Herramientas	Material de Empaque	
Maquinaria	En Reparación	
Equipos - Equipos de Medición	Recipientes	
Librería - Papelería	Otro (especifique)	
Producto en Proceso		
Razón		
Contaminante	No se necesita pronto	
Defectuoso	Uso desconocido	
Descompuesto	Otro (especifique)	
Desperdicio		
No se necesita		
Responsable:		
Cantidad:		
Destino final:		
Firma de autorización:		
<b>FERRETERIA LA CASITA</b>		

Fuente: autores

### 7.3.2.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA SEGUNDA S (ORDEN):

Después se separaron los elementos necesarios e innecesarios del lugar se pasó a implementar la segunda S (orden), se adecuó una área para el alistamiento de mercancía para un mejor proceso de las actividades que se desarrollan y se adecuó un nuevo lugar para la disposición de las herramientas más cercano al puesto de trabajo y con matrices pintadas en el lugar para identificar el punto en el que va cada herramienta, garantizando así el orden y la disminución de demoras y transportes en búsqueda de herramientas, se hizo la rotulación de las áreas de trabajo.

Anteriormente se disponía de un lugar inadecuado para el almacenamiento de los lavaplatos ya que por su tamaño y cantidad se dificultaba el proceso de surtido, con la implementación de ésta metodología se logró identificar en la bodega un sitio para el ubicar dicha mercancía. Esta sección de la bodega cuenta con el espacio y la estantería adecuada para la fácil ubicación de estas.

#### **7.3.2.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA TERCERA S (LIMPIEZA)**

Un lugar o puesto de trabajo sucio y desordenado no cumple con las condiciones mínimas de higiene y seguridad para los empleados generando así pérdidas de tiempo y de productividad, por eso con esta tercera S, se pretende crear espacios de trabajo agradables para su óptimo desempeño, aumentando la productividad y evitando enfermedades ocasionadas por la suciedad. En cuanto a la tercera S se aplicó la metodología de la tarjeta amarilla para identificar los focos de suciedad que habían en el lugar, con esta nos dimos cuenta que la mayor parte de la suciedad que se produce en la bodega es por causa del desaseo del personal a cargo y la mala manipulación de algunos productos, la bodega cuenta con una pequeña cafetería donde se evidenciaron residuos de comida y alimentos regados por todos lados, también se encontraron cajas de cartón, papeles, plásticos, entre otras en los pasillos, en la sección de pinturas se evidenció regueros y desperdicios de la misma, los elementos de trabajo sucios al igual que el mesón de despachos, para dar solución a estos problemas se hizo lo siguiente: Es importante que el personal que trabaja en el área utilice correctamente los elementos de protección personal adecuados para la realización de sus actividades diarias como son: guantes, fajas, botas entre otras.

Se hizo un cuadro de programación para realizar las actividades de aseo diarias en la bodega y despachos, dejando a cargo al jefe del área de realizar semanalmente la programación del personal para el aseo, con el fin de rotar a todo el personal de la empresa, como también de hacer cumplir que cada operario se encargue de realizar la limpieza en un área o lugar específico.

Para la eliminación de los focos de suciedad se diseñaron varias opciones como:

-Bolsas de basura o canecas para depositar los residuos que se generen en las áreas de trabajo, esta es considerable por su bajo costo.

Figura 22 Formato para la programación de Aseo

<b>FERRETERIA LA CASITA</b>			
<b>PROGRAMA DE LIMPIEZA DE BODEGA</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Frecuencia</b>

-Por otra parte se recomienda la adquisición de las canecas de basura para el reciclaje con su respectivo color (verde, gris, azul).

Fuente: Autores

Figura 23 23 Formato de tarjeta Amarilla para identificar las posibles fuentes de suciedad y contaminación en el lugar de trabajo

<b>METODOLOGIA 5S's</b>		
<b>TARJETA AMARILLA</b>		
<b>Fecha:</b>	<b>No. Registro</b>	
<b>Area:</b>		
<b>Descripción del Objeto:</b>		
<b>Descripción del Problema:</b>		
<b>Categoría</b>		
Agua	Acciones del personal	
Aire		
Aceite	Condición de las instalaciones	
Polvo		
Pintura o esmalte	Otro (especifique)	
Acciones del personal		
<b>Soluciones</b>		
<b>Acción Correctiva Implementada:</b>		
<b>Solución Definitiva Propuesta:</b>		
<b>Responsable:</b>		
<b>Cantidad:</b>		
<b>Firma de autorización:</b>		
<b>FERRETERIA LA CASITA</b>		

Fuente: Autores

#### **7.3.2.5. IMPLEMENTACIÓN DE LA CUARTA S (ESTANDARIZAR)**

Para implementar esta S, se requiere la elaboración de formatos de todo lo que se implementó para que cada vez que se realice una actividad se aplique el formato correspondiente, también se hizo los diagramas de flujo de los procesos que allí se realizan, para que el personal tengan claro cómo se debe realizar cada una de las actividades.

#### **7.3.2.6. IMPLEMENTACIÓN DE LA QUINTA S (DISCIPLINA)**

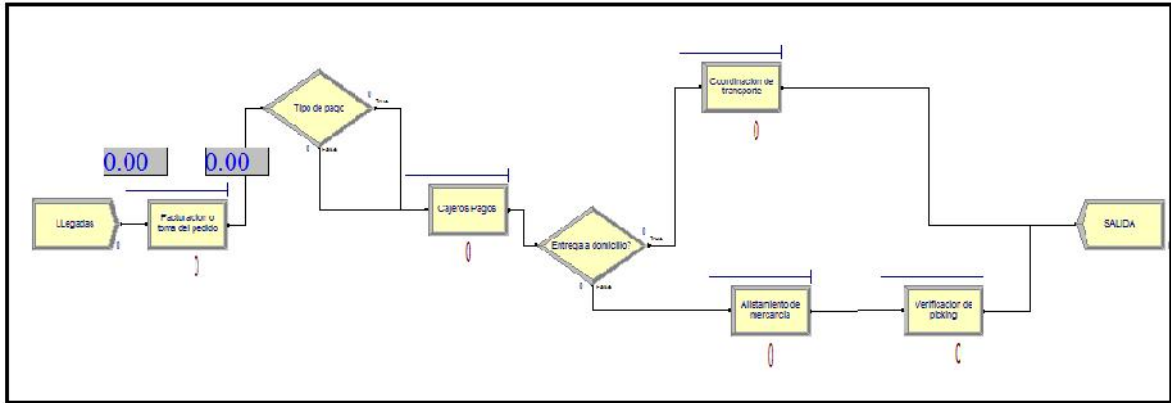
Esta S consiste en hacer un seguimiento periódico a la implementación realizada, se deben hacer auditorias para verificar que se estén utilizando los formatos y los procedimientos adecuados en cada una de las actividades, también se deben mirar las posibles recomendaciones y mejoras para que haya mejoramiento continuo en el proceso.

Para mantener el mejoramiento obtenido en el área Bodega y despacho, se realizó un requerimiento a las directivas de la empresa, mostrando el diagnóstico realizado, para que desde la dirección se involucren con el mejoramiento y el control de la metodología.

#### **7.3.3. SIMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA**

De acuerdo a lo mencionado en la sección 7.3.1., se propone unificar el proceso de pago en efectivo y pago crédito (operaciones cuello de botella) en una misma estación, sabiendo que se cuenta con el espacio suficiente para lograr un ambiente de trabajo en óptimas condiciones. Serán ahora dos cajeros entrenados para recibir tanto pago en efectivo como pago a crédito. Con esto se espera que todo el proceso de pago aumente en un 50% el desempeño o tasa de atención de clientes por unidad de tiempo. Para observar el desempeño del sistema con esta nueva condición, se procede a correr una nueva simulación con el esquema mostrado en la figura 24. El tamaño de muestra es escogido cualitativamente por conveniencia de acuerdo a las restricciones impuestas por la compañía.

Figura 24 Esquema general de la simulación con la unificación del proceso de pagos

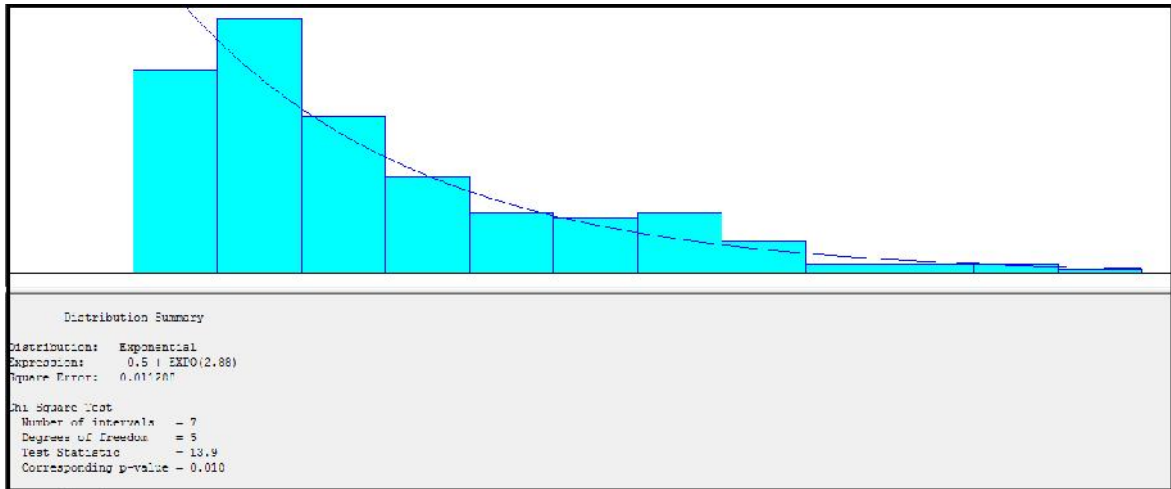


Fuente: Software Arena v11

En esta simulación se estableció un set conformado por dos recursos que representan los dos cajeros que estarán en la estación de pagos y que están en el bloque “Cajeros Pagos”. Con lo anterior y manteniendo el mismo número de simulaciones, además se estableció la tasa de llegadas estimada siguiendo una distribución normal con media 4 minutos y desviación estándar de 1 minuto.

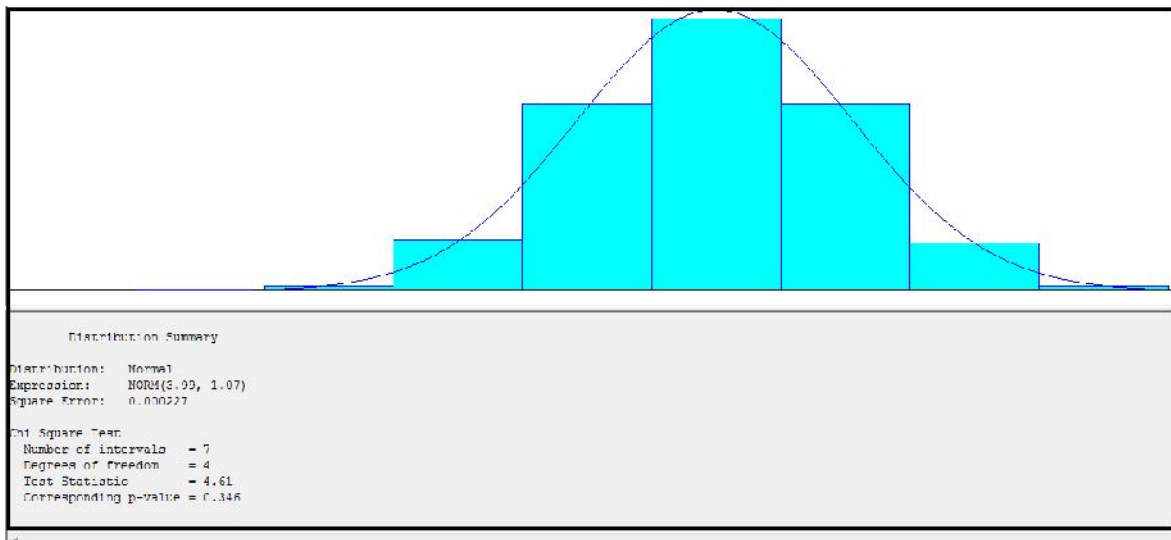
Después de empezar la implementación de la herramienta 5S se evidenció un cambio en algunas de las distribuciones de Probabilidad. En la siguiente figuras se observa que ahora la distribución de tiempo entre llegadas es exponencial de acuerdo al modelo markoviano, cuyo modelo muestra un 1% de Error Cuadrático Medio. Las Distribuciones de probabilidad en las estaciones de trabajo se conservan normales pero con menor media y menor desviación estándar (menor variabilidad), lo que denota mayor

Figura 25 Resultados de la simulación aplicando 5's



La nueva distribución resultante de la unificación del proceso de pagos presenta una distribución normal con media 4 minutos y desviación estándar de 1 minuto, lo cual es significativamente mejor que el esquema anterior. En consecuencia, el desempeño general del sistema presenta mayor productividad, consiguiendo obtener el objetivo planteado por la gerencia.

Figura 26 Resultados de la simulación unificando el puesto de trabajo de pagos e implementación 5's



### 7.3.4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE MEJORA CON LOS RECURSOS EXISTENTES (SIN CONTRATACIÓN DE NUEVOS CAJEROS)

A continuación se muestran los resultados estadísticos en cuanto a los tiempos experimentados por los clientes o entidades. Bajo este esquema, el tiempo total en el sistema disminuyó de 48% a 44%, sin embargo, el tiempo de espera promedio disminuyó de 20.4 minutos a 15.5 minutos disminuyendo aproximadamente un 25% lo cual es una mejora considerable para el sistema

Figura 27 Resultados de los tiempos en el sistema de acuerdo a la propuesta de unificación planteada en la Ferretería La Casita

Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Clientes	28.6838	2	28.5279	28.8396	18.6487	40.0769
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Clientes	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Clientes	15.5807	76	9.6102	21.5511	0.00	59.9391
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Clientes	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Clientes	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Clientes	44.2644	78	38.1381	50.3907	20.9336	91.1555

Fuente: Software Arena v11

En cuanto al análisis de esperas y tiempo en cola se observa que el cuello de botella en el proceso de pago pasó de un promedio de 16 minutos a 1 minuto, lo

cual resulta en un desplazamiento de esta restricción al el proceso de alistamiento de mercancías. Sin embargo, en este proceso ya es más difícil desertar del sistema de colas debido a que ya el cliente ha pagado su factura y simplemente está esperando a tenerla lista para despacho.

**Figura 28** Resultados de los tiempos en el sistema de acuerdo a la propuesta de unificación planteada en la Ferretería La Casita

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Alistamiento de mercancia.Queue	10.1450	45	6.6392	13.6508	0.00	33.0932
Cajeros Pagos.Queue	1.3219	6	0.8865	1.7574	0.00	7.7982
Coordinacion de transporte.Queue	1.8047	5	1.4359	2.1735	0.00	13.4326
Facturacion o toma del pedido.Queue	5.9522	35	3.1599	8.7445	0.00	33.6954
Verificacion de picking.Queue	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Software Arena v11

Como se mencionó anteriormente, el resultado es la suma de la reconfiguración de los servidores en los puntos de operación dentro de la ferretería y de la implementación de las 5S en los puntos críticos dentro de las instalaciones. Por lo tanto se pudo mejorar el desempeño de los procesos de atención al cliente al mínimo costo de acuerdo a los lineamientos planteados por la gerencia.

### 7.3.5. COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE LA SMULACIÓN

A Continuación se presenta un cuadro comparativo en el que se escriben los datos críticos de tiempos de espera y tiempos de agregación de valor en el sistema y en algunos procesos que lo componen.

**Tabla 2 resultados comparativos de la simulación**

PROMEDIO DE TIEMPOS EN EL SISTEMA	ANTES DE LA PROPUESTA	DESPUES DE LA PROPUESTA	% MEJORA	OBSERVACIÓN
Tiempo de Agregación de valor (atención)	28.05	28.6	2%	Mejóro
Tiempo de Espera	20.4	15.5	-24%	Mejóro
Alistamiento de Mercancía	1.2	10.1	88%	No mejoró (el cuello de botella se traslada a esta operación)
Cajeros pagos (Integración de servidores)	17.3	1.32	-92%	Mejóro
Coordinación de transporte	1.4	1.8	22%	No mejoró
Facturación y toma del pedido	4.7	5.92	20%	No mejoró
<b>Tiempo total de las entidades en el sistema</b>	<b>48.5</b>	<b>44.2</b>	<b>-10%</b>	<b>MEJORÓ</b>

Fuente: Autores

Del cuadro anterior se concluye que el desempeño general de la operación aumentó, disminuyendo en un 10% el tiempo total en el sistema sin necesidad de invertir en contratación de nuevos cajeros, lo cual es acorde a los lineamientos de propuestos en la Planeación Estratégica. Sin embargo algunos procesos aumentaron su tiempo de espera tales como el Alistamiento de Mercancía y la Coordinación de Transporte, sin embargo estos procesos no son de alto impacto puesto que el cliente en este punto ya cancelo su factura y le garantizaron sus materiales

## 8. CONCLUSIONES

1. A través de una reconfiguración de recursos (servidores) en el proceso cuello de botella (Pago) fue posible disminuir el tiempo promedio de espera en la Ferretería La Casita en un 25%, aumentando así el desempeño del sistema de colas.
2. De acuerdo a la relación matemática del costo entre el número de servidores y el costo total del sistema de colas se concluye que la cantidad óptima de servidores es 18, es decir un recurso más que en la operación actual.
3. El costo total óptimo de 18 servidores fue de \$ 12 197 000 (valor de referencia).
4. Las llegadas de las entidades a la ferretería se modelaron como eventos Poisson discretos, el cual transformado a tiempo entre llegadas se transformó en familias de la distribución exponencial continua, en cuyo caso explicó muy bien la operación de acuerdo a las observaciones cualitativas y al conocimiento que se tiene de la operación de atención a los clientes.
5. El cuello de botella se traslada al proceso de alistamiento de mercancía, el cual pasa de tener un tiempo de espera de menos de dos minutos a aproximadamente 10 minutos. Sin embargo, el tiempo total de espera disminuye y no hay deserción en este punto para el cliente.
6. Las 5S como herramienta apunta a reducir desperdicios, jugó un papel importante para mejorar los tiempos de espera dentro de la ferretería la casita, incrementando el nivel de satisfacción de los clientes.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar un seguimiento estricto a la configuración planteada y realizar un estudio anual para mirar el desempeño del sistema de colas y correlacionarlo con el volumen de ventas manejado en dicho año para tomar las decisiones pertinentes y no incurrir en sobre-costos.
2. Se recomienda contratar el recurso adicional en el proceso de atención comercial y facturación, ya que en este punto el cliente tiene una alta probabilidad de desertar de la cola, incurriendo en pérdida de ventas y de clientes.
3. Es importante mantener actualizada la información de toma de tiempos para detectar bajas en la productividad de cada estación de servicio.
4. Se recomienda ajustar el valor del costo de espera a través de una metodología que se realice en conjunto con los gerentes de costos para afinar los cálculos de costo total. Aunque cabe resaltar que este cálculo no afecta el número óptimo de servidores.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

[1]. Canavos George. Probabilidad y Estadística Aplicaciones y Métodos. 1ª ed. Mc Graw Hill, Mexico 1995

[2] Hillier Frederick, Liberman, Gerald. Investigación de Operaciones. 7a ed. Mc Geaw Hill, Mexico 2002.

[3] Montgomery Douglas. Applied Statistics and Probability for Engineers. 3 ed. John Wiley, USA 2002