

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



SEP

TRABAJO PROFESIONAL
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERA INDUSTRIAL

QUE PRESENTA:

ELSIE MAGDALENA TREJO TRUJILLO

CON EL TEMA:

**"ANALIZAR PROPUESTAS DE MEJORA DEL SERVICIO DE
COBRO DE LAS CAJAS RÁPIDAS DE LA OPERADORA
CHEDRAUI S. A. DE C. V., SUCURSAL PLAZA CRISTAL,
UTILIZANDO SIMULACIÓN"**

MEDIANTE:

OPCIÓN I

(TESIS PROFESIONAL)

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

MARZO 2011



Contenido

Lista de Tablas	vi
Lista de Figuras	x
Capítulo 1. Dimensionamiento del Problema	3
1.1 Identificación del Problema	4
1.2 Definición del Problema	4
1.3 Hipótesis	5
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 Justificación del Proyecto	6
1.6 Delimitación	7
Capítulo 2. Aspectos Generales de la Empresa	8
2.1 Antecedentes de la Empresa	9
2.2 Localización de la Empresa	11
2.3 Misión	12
2.4 Visión	12
2.5 Estructura Organizativa	12
2.6 Infraestructura	14
2.6.1 Descripción de los Departamentos	14
2.7 Tecnología	15
2.8 Ventajas	16
2.8.1 Servicios Financieros	16
2.8.2 Sistemas de Crédito	17
2.9 Grupo Chedraui	18
2.10 Labor Social	19
2.11 Servicios para el Cliente	25



2.11.1 Servicios	25
2.11.2 Pago de Servicios	26
Capítulo 3. Marco Teórico.....	28
3.1 Concepto de Simulación	29
3.2 Modelos de Simulación	30
3.2.1 Modelos Estáticos.....	30
3.2.2 Modelos Dinámicos.....	30
3.2.3 Modelos Continuos	30
3.2.4 Modelos Discretos	31
3.2.5 Modelos Determinísticos.....	31
3.2.6 Modelos Estocásticos	32
3.3 Ventajas y Desventajas de la Simulación	32
3.3.1 Ventajas.....	32
3.3.2 Desventajas	33
3.4 Metodología de la Simulación.....	33
3.5 ProModel®	36
3.5.1 Locaciones (Locations)	36
3.5.2 Entidades (Entities).....	36
3.5.3 Llegadas (Arrivals).....	37
3.5.4 Proceso (Processing).....	37
3.6 Stat::Fit™	37
3.7 Distribuciones de Probabilidad	38
3.8 Pruebas de Bondad de Ajuste	38
3.8.1 Prueba Kolmogorov-Smirnov	39
3.8.2 Prueba Chi Cuadrada	40
3.9 Diagrama Causa - Efecto.....	42
Capítulo 4. Formulación del Modelo de Simulación	44
4.1 Formulación del Problema	45

4.1.1	Análisis de la Situación Actual	45
4.1.2	Formulación de Objetivos	51
4.1.3	Medidas de Efectividad	52
4.2	Formulación del Modelo de Simulación.....	52
4.2.1	Proceso Principal de la Caja Rápida.....	52
4.2.2	Componentes del Sistema	54
4.2.3	Análisis de los Datos que se Incluyen en el Modelo de Simulación.....	56
4.3	Recolección de Datos	58
4.3.1	Duración del Estudio	58
4.3.2	Horarios de Muestreo	59
4.3.3	Descripción del Proceso de Toma de Tiempos.....	59
4.3.4	Datos Obtenidos del Estudio	60
 Capítulo 5. Modelo de Simulación		67
5.1	Construcción del Modelo de Simulación	68
5.2	Verificación y Validación del Modelo de Simulación	84
5.3	Diseño de Experimentos	89
 Capítulo 6. Propuestas		92
6.1	Propuesta 1. Restricciones. Únicamente 8 Artículos	93
6.1.1	Objetivo.....	93
6.1.2	Resultados Previstos	93
6.1.3	Actividades	93
6.1.4	Modelo de Simulación.....	94
6.2	Propuesta 2. Evitar Problemas Frecuentes	96
6.2.1	Objetivo.....	96
6.2.2	Resultados Previstos	96
6.2.3	Actividades	96
6.2.4	Modelo de Simulación.....	97
6.3	Propuesta 3. Caja Rápida Adicional	105

6.3.1	Objetivo.....	105
6.3.2	Resultados Previstos	105
6.3.3	Actividades	105
6.3.4	Modelo de Simulación.....	106
6.4	Propuesta 4. Combinación de Propuestas	108
6.4.1	Objetivo.....	108
6.4.2	Resultados Previstos	108
6.4.3	Actividades	108
6.4.4	Modelo de Simulación.....	109
6.5	Propuesta 5. Tres Cajas Rápidas.....	112
6.5.1	Objetivo.....	112
6.5.2	Resultados Previstos	112
6.5.3	Actividades	112
6.5.4	Modelo de Simulación.....	113
Capítulo 7.	Resultados.....	115
7.1	Presentación de Resultados	116
7.1.1	Modelo Original.....	116
7.1.2	Propuesta 1. Restricciones. Únicamente 8 Artículos	117
7.1.3	Propuesta 2. Evitar Problemas Frecuentes	119
7.1.4	Propuesta 3. Dos Cajas Rápidas	120
7.2	Análisis de Resultados	129
Capítulo 8.	Conclusiones y Recomendaciones	144
8.1	Conclusiones.....	145
8.2	Recomendaciones	146
Fuentes de Información.....		148
Anexos.....		151

Lista de Tablas

Tabla 4.1	Problemas Frecuentes en la Caja Rápida y sus Posibles Causas.	49
Tabla 4.2	Componentes del Sistema.....	53
Tabla 4.3	Formato Utilizado para la Toma de Tiempos.....	57
Tabla 4.4	Datos Obtenidos de Una Hora de Toma de Tiempos del Servicio de Cobro de la Caja Rápida.....	62
Tabla 4.5	Datos Obtenidos de Lunes a Viernes de Una Hora de Toma de Tiempos de Llegada al Servicio de la Caja Rápida.....	63
Tabla 4.6	Combinaciones y Distribuciones de Probabilidad.....	64
Tabla 5.1	ARTI. Distribución Definida por el Usuario para Indicar el Número de Artículos por Cliente.....	73
Tabla 5.2	ACTI. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Actividad Realizada por el Cliente.....	73
Tabla 5.3	PAGOS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Forma de Pago de Cada Cliente.....	74
Tabla 5.4	PROBL. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Existencia de Algún Problema.....	74
Tabla 5.5	AVS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Artículos – Vales – Con Problemas.....	75
Tabla 5.6	SES. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Servicio – Efectivo – Con Problemas.....	75
Tabla 5.7	ASTS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Artículos – Servicio – Tarjeta – Con Problemas.	76

Lista de Tablas (Continuación)

Tabla 5.8	ASCOMBS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Artículos – Servicio – Combinación – Con Problemas.....	76
Tabla 5.9	ASEN. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Artículos – Servicio – Efectivo – Sin Problemas..	76
Tabla 6.1	Detalles de los Cambios Efectuados en las Combinaciones y Distribuciones de Probabilidad.....	98
Tabla 6.2	Detalles de los Cambios Efectuados en las Combinaciones y Distribuciones Empíricas.....	99
Tabla 6.3	Cambios Efectuados en ARTI. Distribución Definida por el Usuario para Indicar el Número de Artículos por Cliente.....	100
Tabla 6.4	Cambios Efectuados en ACTI. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Actividad Realizada por el Cliente.....	100
Tabla 6.5	Cambios Efectuados en PAGOS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Forma de Pago de Cada Cliente.....	101
Tabla 6.6	Cambios Efectuados en PROBL. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Presencia o Ausencia de Problemas en Caja.....	101
Tabla 7.1	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Modelo Original.....	116
Tabla 7.2	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Modelo Original.....	117
Tabla 7.3	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Propuesta 1.....	118
Tabla 7.4	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Propuesta 1.....	118
Tabla 7.5	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Propuesta 2.....	119

Lista de Tablas (Continuación)

Tabla 7.6	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Propuesta 2.....	120
Tabla 7.7	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio de Cobro. Espera 1. Propuesta 3.....	121
Tabla 7.8	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio de Cobro. Espera 2. Propuesta 3.....	121
Tabla 7.9	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Caja 1. Propuesta 3.....	122
Tabla 7.10	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Caja 2. Propuesta 3.....	122
Tabla 7.11	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 1. Propuesta 4.....	123
Tabla 7.12	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 2. Propuesta 4.....	124
Tabla 7.13	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Caja 1. Propuesta 4.....	124
Tabla 7.14	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Caja 2. Propuesta 4.....	125
Tabla 7.15	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 1. Propuesta 5.....	126
Tabla 7.16	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 2. Propuesta 5.....	126
Tabla 7.17	Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 3. Propuesta 5.....	127
Tabla 7.18	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Caja 1. Propuesta 5.....	127
Tabla 7.19	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Caja 2. Propuesta 5.....	128

Lista de Tablas (Continuación)

Tabla 7.20	Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Caja 3. Propuesta 5.....	128
Tabla 7.21	Porcentaje de Mejora. Cantidad Máxima de Clientes en Espera por el Servicio de Cobro.....	130
Tabla 7.22	Porcentaje de Mejora. Tiempo Máximo de Espera por el Servicio de Cobro.....	131
Tabla 7.23	Porcentaje de Mejora. Promedio de la Cantidad Máxima de Clientes en Espera y Tiempo Máximo de Espera por el Servicio...	132
Tabla 7.24	Valores de la Variables T4 y T5 para el Tiempo de Servicio Acumulado Semanal y Diario de la Propuesta 3.....	137
Tabla 7.25	Valores de la Variables T4 y T5 para el Tiempo de Servicio Acumulado Semanal y Diario de la Propuesta 4.....	137
Tabla 7.26	Valores de la Variables T4, T5 y T6 para el Tiempo de Servicio Acumulado Semanal y Diario de la Propuesta 5.....	138
Tabla 7.27	Tabla Resumen del Porcentaje Promedio de Atención por Caja Semanal y Diario para las Propuestas 3, 4 y 5.....	139

Lista de Figuras

Figura 2.1	Localización de La Operadora Chedraui S. A. de C. V.....	11
Figura 2.2	Estructura Organizativa de la Empresa.....	13
Figura 3.1	Diagrama Causa - Efecto. Ejemplo.....	43
Figura 4.1	Diagrama Causa-Efecto de la Descripción de la Demora en el Servicio de Cobro de la Caja Rápida de la Operadora Chedraui S. A. de C. V.....	50
Figura 4.2	Representación del Sistema del Servicio de Cobro de la Caja Rápida.....	53
Figura 4.3	Representación de las Combinaciones Obtenidas de los Atributos Adquiridos por los Clientes.....	64
Figura 5.1	Locaciones Definidas para el Modelo de Simulación.....	69
Figura 5.2	Entidades del Sistema de Simulación.....	70
Figura 5.3	Auxiliares Utilizados en el Programa de Simulación.....	77
Figura 5.4	Proceso del Modelo de Simulación.....	79
Figura 5.5	Modelo de Simulación Terminado.....	83
Figura 5.6	Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Lunes.....	85
Figura 5.7	Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Martes.....	85
Figura 5.8	Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Miércoles.....	86
Figura 5.9	Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Jueves.....	86
Figura 5.10	Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Viernes.....	87
Figura 5.11	Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Sábado.....	87
Figura 5.12	Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Domingo.....	88
Figura 5.13	Validación del Tiempo de Servicio.....	88
Figura 6.1	Propuesta 1. Restricciones. Únicamente 8 Artículos.....	95
Figura 6.2	Propuesta 2. Evitar Problemas Frecuentes.....	104
Figura 6.3	Propuesta 3. Caja Rápida Adicional.....	107
Figura 6.4	Propuesta 4. Combinación de Propuestas.....	110
Figura 6.5	Propuesta 5. Tres Cajas Rápidas.....	114

Listas de Figuras (Continuación)

Figura 7.1	Comparación de los Resultados Obtenidos de las Propuestas de la Cantidad de Clientes en Espera.....	133
Figura 7.2	Comparación de los Resultados Obtenidos de las Propuestas del Tiempo de Espera por el Servicio de Cobro de la Caja Rápida.....	134
Figura 7.3	Comparación de los Resultados Promedios Obtenidos de las Propuestas de la Cantidad Máxima de Clientes en Espera.....	135
Figura 7.4	Comparación de los Resultados Promedios Obtenidos de las Propuestas del Tiempo Máximo de Espera por el Servicio de Cobro de la Caja Rápida.....	135
Figura 7.5	Gráfico del Modelo Original del Sistema de Servicio de Cobro del día Miércoles 27 de Mayo de 2009 a las 10:43am.....	142
Figura 7.6	Gráfico del Modelo de la Propuesta 4. Combinación de Propuestas del Sistema de Servicio de Cobro del día Miércoles 27 de Mayo de 2009 a las 10:43am.....	143

Introducción

El presente proyecto está elaborado con la finalidad de analizar propuestas de mejora que contribuyan a que el servicio de la caja rápida de la Operadora Chedraui S.A. de C.V. sea más eficiente utilizando técnicas de simulación, disminuyendo así, el tiempo que los clientes invierten en espera del servicio y aumentando la cantidad de clientes satisfechos.

Simulación es una herramienta mediante la cual se visualizan problemas y posibles soluciones de un sistema y que, por medio de animaciones, permite hacer modificaciones sin alterar al sistema real.

Durante el desarrollo de este trabajo, se pudo observar y entender cuáles son los principales problemas que existen en la caja rápida y por ello, se enfoca a plantear propuestas que mejoren el servicio de cobro.

El Capítulo 1 define la problemática principal del proyecto, estableciendo objetivos y justificaciones para llevarlo a cabo. En el Capítulo 2, se dan a conocer los antecedentes generales de la empresa, detallando su historia, organización y productos principales.

El Capítulo 3, es la base del proyecto que tiene como fin documentarlo para hacerlo más entendible para cualquier lector, donde se establece la definición de simulación, características, ventajas, desventajas, entre otros. También se mencionan características generales del software ProModel[®], programa que se utilizó para realizar la simulación del sistema.

El Capítulo 4, establece la formulación del modelo de simulación definiendo objetivos y caracterizando todos los detalles de la información obtenida a lo largo del proyecto de investigación.

En el Capítulo 5 se construye el modelo de simulación. En éste, se recolectan todos los datos obtenidos del estudio de tiempos y se introducen al programa con la finalidad de crear un modelo representativo del sistema real, incluyendo la validación del mismo.

En el Capítulo 6 se establecen las propuestas de mejora para el sistema y sus problemas, definiendo objetivos, actividades a realizar y describiendo el modelo de simulación planteado para cada propuesta.

En el Capítulo 7 se analizan los resultados que el programa de simulación arrojó, comparando el resultado de los datos de las propuestas planteadas contra los del modelo original.

Finalmente, y con base en los resultados obtenidos de las comparaciones de las propuestas planteadas, en el Capítulo 8 se establecen las conclusiones y recomendaciones generales para llevar a cabo la propuesta que se seleccione como la mejor de todas.

Con la realización de este proyecto de investigación se espera contribuir al desarrollo de un mejor servicio para los clientes de la Operadora Chedraui S.A. de C.V. y que gracias a esto, se sientan satisfechos con el servicio que reciben.

Dimensionamiento del Problema



1.1 Identificación del Problema

Las cajas rápidas dentro de un supermercado están diseñadas con el propósito de acelerar el flujo de clientes que llevan pocos artículos, y así, permanecer menos tiempo esperando ser atendidos. La Operadora Chedraui S.A. de C.V. Sucursal Plaza Cristal, cuenta con 24 cajas para el servicio de cobro, de las cuales, sólo una es caja rápida. En ésta, se permiten como máximo 8 artículos por persona, acepta cualquier forma de pago además de pagar servicios de tipo gubernamental, bancario, entre otros.

El principal inconveniente de la caja rápida es que el tiempo de espera por el servicio es excesivo, provocando que los clientes se molesten, en consecuencia se cambien a otra caja o bien se retiren de la tienda sin comprar, causado primordialmente por la falta de respeto a las normas de la empresa por parte de los clientes – llevan más artículos de los permitidos –, cajeros – cobran más de los ocho artículos – además de la falta de verificación por parte del supervisor del área de línea de cajas.

La inconformidad experimentada por los clientes para con el servicio, es originada por la necesidad de ser atendidos de manera ágil, debido a que su compra es mínima a comparación de los clientes que compran cantidades mayores al límite permitido en la caja rápida.

1.2 Definición del Problema

La falta de atención para disminuir el tiempo que los clientes gastan en espera del servicio de cobro de la caja rápida de la Operadora Chedraui S. A. de C. V., Sucursal Plaza Cristal.

1.3 Hipótesis

El tiempo excesivo que los clientes pasan en espera por el servicio de cobro de la caja rápida de la Operadora Chedraui S.A. de C.V. puede ser reducido al incrementar en número las cajas rápidas, además de disminuir la cantidad de clientes en línea de espera y, en consecuencia, aumentar los clientes satisfechos por el servicio que reciben.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Establecer propuestas que coadyuven a la mejora del servicio de cobro de las cajas rápidas de la Operadora Chedraui S. A de C. V., empleando técnicas de simulación.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recolectar datos reales que indiquen de forma específica los detalles del modelo de simulación a realizar.
- Desarrollar un modelo de simulación que sea representativo del sistema en estudio utilizando ProModel[®], comparando resultados con los del sistema real.
- Realizar el diseño de experimentos para definir diversas alternativas que solucionen el problema y correr el programa.
- Comparar los resultados obtenidos con la hipótesis planteada

1.5 Justificación del Proyecto

La caja rápida de la Operadora Chedraui S.A. de C.V. no cumple con el objetivo para el que fue creada, el de brindar un servicio rápido a los clientes que compren como máximo ocho artículos, pues los clientes no respetan la normatividad de la caja y los cajeros no hacen que se respete, ocasionando que se vuelva lenta en la operatividad al permitir dicha situación.

La utilización de técnicas de simulación permitirá conocer el funcionamiento del sistema en estudio, postular teorías que expliquen el comportamiento observado y emplearlas para predecir su comportamiento futuro, es decir, observar los efectos que se producirán en él mediante algún cambio en su interior.

Con una propuesta de mejora para este tipo de problema se obtendrán beneficios tanto para los clientes como para la empresa en general, tales como:

- Incremento en la velocidad de atención a clientes que se efectúa en la caja rápida.
- Reducción de la línea de espera del servicio de cobro.
- Incremento de la satisfacción de los clientes al ser atendidos rápidamente.
- Reducción del tiempo en espera del servicio de cobro.

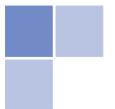
1.6 Delimitación

La tesis se desarrolló en el área de cajas rápidas de la Operadora Chedraui S.A. de C.V., durante el periodo comprendido del mes de febrero a junio del año 2009.

Las principales limitantes que podrían surgir para este proyecto serían:

- Gasto económico adicional, pues se tendría que invertir para aplicar la propuesta seleccionada.
- Ubicar un supervisor para educar al cliente, con el fin de hacer respetar las normas de la caja.
- Utilización de los recursos económicos para la implementación inmediata del proyecto.

Antecedentes Generales de la Empresa



2.1 Antecedentes de la Empresa

"El Grupo Chedraui tiene su origen en la ciudad de Xalapa, Veracruz en 1920 en un negocio denominado El Puerto de Beyrouth, el cual era dirigido y administrado por sus fundadores: El Sr. Lázaro Chedraui Chaya y Doña Anita Caram de Chedraui".

En el año de 1927, cambia su nombre por el de "Casa Chedraui: La única de Confianza", apareciendo por primera vez el nombre que a la postre será la identidad del Grupo; por el año de 1945 se cuenta con seis personas. En 1957 se hacen las primeras ampliaciones del local incrementándose la plantilla a 15 colaboradores. El nivel de operaciones fue en aumento y, por ello, en el año de 1961 transforma nuevamente su nombre por el que actualmente prevalece: "Almacenes Chedraui", con un total de 80 colaboradores, manejándose en ese entonces productos de mercería, ropa y todo tipo de telas con el sistema de mayoreo, semi mayoreo y menudeo, bajo la dirección de Don Antonio Chedraui Caram.

El año de 1970 es significativo para el Grupo, pues se inaugura la primera Tienda de Autoservicio en la propia ciudad de Xalapa, Veracruz en la céntrica calle de Lucio No. 28: "Súper Chedraui, S.A. de C.V." con un total de setenta personas; en 1971 se agregan otros departamentos incrementándose la plantilla a 180 personas. El Crecimiento del Grupo entre los años de 1971 y 1982 es el siguiente:

- **1976.** Súper Chedraui Veracruz, S.A. de C.V. en la ciudad de Veracruz, Veracruz.
- **1980.** Chedraui Tabasco, S.A. de C.V. en la ciudad de Villahermosa, Tabasco.
- **1981.** Chedraui Coatzacoalcos, S.A. de C.V. en Coatzacoalcos, Veracruz.
- **1982.** Súper Economía, S.A. de C.V. en la ciudad de Xalapa, Veracruz.

Paralelamente a la creación de Tiendas de Autoservicio, en el año de 1983 el Grupo incursiona en el ramo de Tiendas Departamentales: "Comercial Las Galas, S.A. de C.V.", siendo la primera de ellas inaugurada en julio de 1983 en la ciudad de Villahermosa, Tabasco y, en noviembre del mismo año, se inaugura la segunda en la ciudad de Xalapa, Veracruz en el Centro Comercial Plaza Crystal. Sin embargo, en el año de 1997 (abril a septiembre) Comercial las Galas fue vendida a otra cadena de Tiendas Departamentales con el propósito de que el Grupo Chedraui se dedicara de lleno a su giro principal: el autoservicio.

En el mes de julio de 1985 se constituye la razón social "Tiendas Chedraui, S.A. de C.V." con lo que el 1° de agosto del mismo año, Grupo Chedraui quedando como fusionante, se hace cargo de la operación de todas las Tiendas que hasta entonces se comportaban como sociedades independientes.

En el año 2000 se transfiere a otra empresa dedicada a la comercialización de telas. Consciente de su responsabilidad social y económica, el Grupo ha promovido diversos Centros Comerciales llamados "Plaza Crystal" en diferentes ciudades donde se opera actualmente. De estos Centros Comerciales, sobresale "Plaza Américas" en la ciudad de Boca del Río, Ver., el cual fue edificado con motivo del 500 Aniversario del Descubrimiento de América. Otro Centro Comercial que no tiene el nombre de Plaza Crystal es el de Plaza Olmeca, ubicado en la ciudad de Villahermosa, Tabasco y el más reciente, el Centro Comercial Las Américas Xalapa, fue inaugurado el 6 de marzo de 2006.

Pero sin duda, el 2005 ha significado un año muy importante para el Grupo Chedraui, ya que en este año se adquirió la cadena de autoservicio Carrefour México, la cual contaba con 29 sucursales. Actualmente, dichas sucursales forman parte de la gran cadena de autoservicio Chedraui y están ubicadas en distintos estados del país; algunos de estos estados no contaban con la presencia del grupo, por lo cual el desarrollo es aún más considerable.

Hasta el año 2005 se cuenta con 107 tiendas Chedraui, 16 tiendas El Súper y 33 tiendas Súper Che. Son más de 25,000 colaboradores a nivel Compañía.

2.2 Localización de la Empresa

La Operadora Chedraui S. A. de C. V. se encuentra ubicada en Boulevard Belisario Domínguez #1697, Col. Terán, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez Chiapas, como se muestra en la **Figura 2.1**.

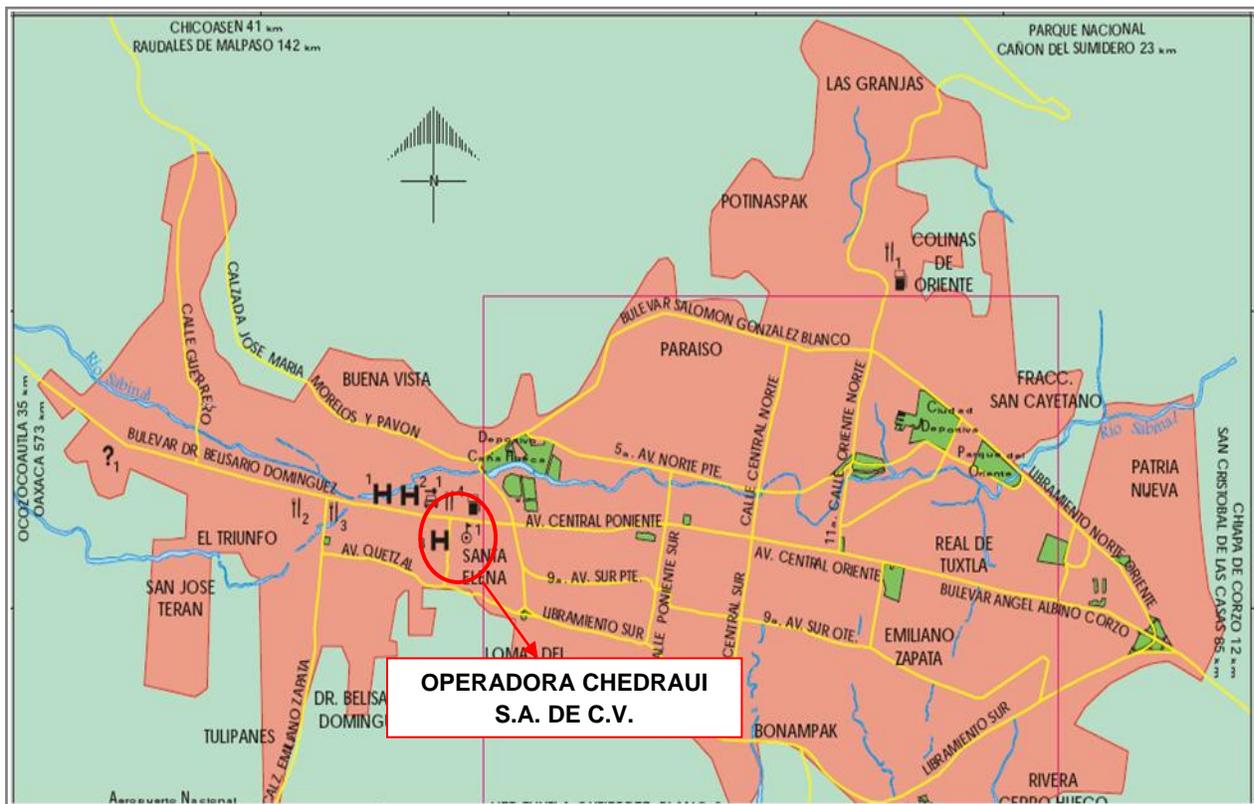


Figura 2.1 Localización de La Operadora Chedraui S. A. de C. V.

2.3 Misión

La Operadora Chedraui S. A. de C. V. tiene como misión principal llevar a todos los lugares posibles los productos que los clientes prefieren al mejor precio.

2.4 Visión

Chedraui, empresa institucional líder en su ramo, que mantiene vigente en el tiempo y a través de las personas los valores fundamentales con los cuales se creó la primera Tienda Chedraui. Esta filosofía los compromete a trabajar arduamente, con la firme convicción de que están generando amplios beneficios para las ciudades donde están establecidos, ya que contribuyen a que miles de familias obtengan artículos de calidad al más bajo precio.

2.5 Estructura Organizativa

La estructura organizativa de la Operadora Chedraui S.A. de C.V. es la forma en que se dividen, agrupan y coordinan las actividades de la empresa en cuanto a las relaciones entre el gerente y los colaboradores. En la **Figura 2.2**, que se muestra a continuación, se detalla la estructura organizativa de la tienda.

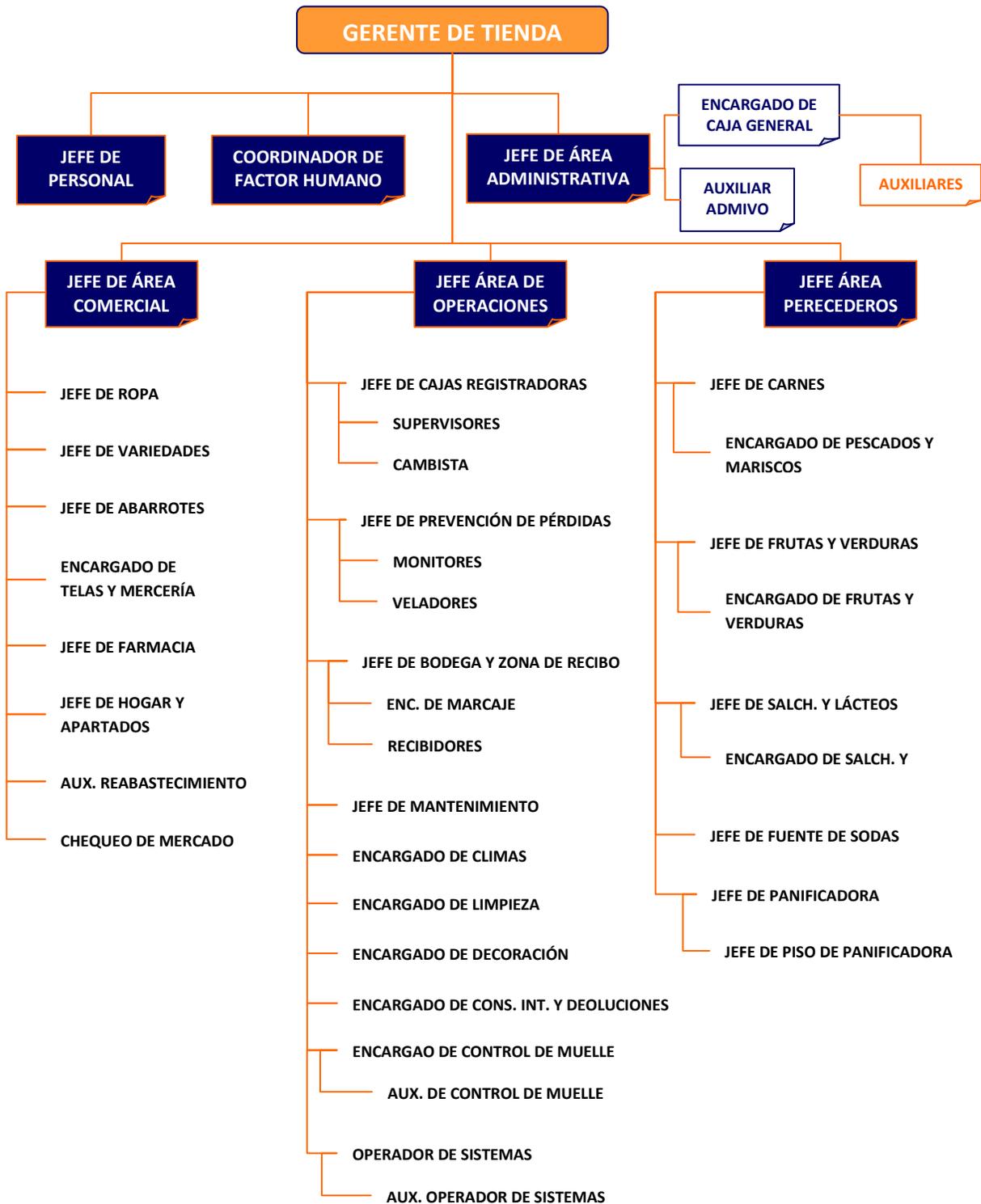


Figura 2.2 Estructura Organizativa de la Empresa

2.6 Infraestructura

Las tiendas cuentan con una superficie promedio de piso de venta de 7.000 m², que se dividen en cinco áreas principales que son:

1. PGC (Productos de Gran Consumo)
2. Perecederos
3. Mercancías Generales
4. Ropa
5. Electrónica

En estas áreas el consumidor encontrará una gran variedad y un amplio surtido de productos de calidad a los mejores precios del mercado los cuales cumplen con las disposiciones oficiales de empaque y etiquetación normadas y definidas por la SECOFI.

2.6.1 Descripción de los Departamentos

La Operadora Chedraui S.A. de C.V. consta de cinco departamentos divididos en varias secciones. A continuación se enlistan las secciones de cada uno de los departamentos de la tienda.

1. **PGC (Productos de Gran Consumo).** Comestibles, No comestibles, Vinos y Licores, Perfumería.
2. **Perecederos.** Frutas y Verduras, Salchichonería y Lácteos, Carnes, Pescados y Mariscos, Congelados, Tortillería, Alimentos Preparados, Aves, Panadería.

3. **Mercancías Generales.** Blancos, Muebles, Ferretería, Papelería, Juguetería, Hogar, Decoración, Accesorios para Autos, Jardinería, Entretenimiento, Deportes.
4. **Ropa.** Niñas, Damas, Lencería y Corsetería, Bebés (Ropa y Accesorios), Caballeros, Niños, Telas, Mercería, Zapatería.
5. **Electrónica:** Audio y Video, Línea Blanca, Enseres menores, Muebles, Cómputo, Telefonía.

2.7 Tecnología

Uno de los objetivos de la empresa es el de mantenerse como líder en el mercado y estar a la vanguardia en tecnología del autoservicio como medio de lograr ventajas competitivas que se reflejen positivamente en los resultados finales. Por ello, en los últimos años se han implementado cambios e instalado equipo de sistemas orientados a optimizar la operación y mejorar la atención al público.

Actualmente, y debido a la necesidad de comunicación constante y efectiva entre todas las áreas de la empresa, se cuenta con un sistema de red satelital con lo cual se permite la transmisión de datos las 24 horas del día en forma pronta y oportuna a través de satélite.

Se encuentra en proceso la introducción de un sistema de inventarios perpetuos con lo cual se pretende mantener actualizado el control de las existencias de mercancía, a través de las terminales de punto de venta.

2.8 Ventajas

- Chedraui ofrece como política comercial los “precios más bajos” del mercado.
- Se manejan diariamente precios especiales u ofertas en varios productos de los diferentes departamentos de la tienda.
- Chedraui ofrece alta calidad, así como una amplia variedad y surtido de productos.
- Reciben vales de despensa de los principales emisores del país (Vales Chedraui, Accor, Prestaciones Mexicanas, Efectivale, Prestaciones Universales, Multivale, Servibono, Dicasa, entre otros); en las que ofrecen por lo menos dos veces al mes la promoción de \$10.00 pesos por cada \$100.00 pesos de compra.
- Los clientes pueden pagar el servicio Telefónico Telmex en cualquiera de las sucursales Chedraui, aún estando vencido.
- En la mayoría de las sucursales se puede pagar también el recibo de agua potable y energía eléctrica.

2.8.1 Servicios Financieros

Tiendas Chedraui S.A. de C.V., además de “llevar a todos los lugares posibles los productos que el cliente prefiere al mejor precio”, ofrece una serie de Servicios Financieros, que contribuyen a la seguridad de sus clientes y proporciona facilidades en sus compras, pagos y retiros de efectivo.

- Acepta todas las tarjetas de crédito y débito de todos los bancos y/o emisores.
- Con los principales bancos y emisores del país, ofrecen diferentes promociones la mayor parte del año, como pagos diferidos sin intereses y con la Tarjeta Chedraui, bonificaciones por sus compras.

- Cambian cheques de instituciones de Gobierno, sin compras mínimas.
- Acepta cheques personales menores de \$10,000.00.
- Para todos los tarjeta-habientes Bancomer que cuentan con alguna tarjeta de débito, les ofrece el novedoso servicio Cash Back, con lo cual al realizar cualquier compra podrá disponer de efectivo en cualquiera los puntos de venta.
- Es el primer supermercado con servicio de cajero automático en todas las cajas registradoras.
- Los tarjeta-habientes American Express pueden realizar el pago de su estado de cuenta en cualquiera de las tiendas.
- En la mayoría de las sucursales, se cuenta con el servicio de pago de envío de dinero de Estados Unidos a través de la tarjeta cartera dinámica - SEMEDIR.
- Cuenta también con un cajero automático RED Inbursa dentro de todas las sucursales.

2.8.2 Sistemas de Crédito

- Ofrece adicionalmente otras alternativas o medios de compra como: sistema de apartados, tarjeta de crédito Chedraui-Visa, sistema de crédito de pagos fijos, etc.
- También tienen, para beneficio de sus clientes en todas las tiendas, el programa de ventas por apartado.
- En Almacenes Chedraui Xalapa y Almacenes Chedraui Tabasco, tienen el crédito documentado.

2.9 Grupo Chedraui

Grupo Chedraui se conforma por diversas divisiones de acuerdo al crecimiento que ha tenido a lo largo del tiempo y tomando en cuenta la logística de las tiendas que forman el Grupo.

- **Tiendas Chedraui, S.A. de C.V.** Cadena de Tiendas de Autoservicio con razón comercial "CHEDRAUI", actualmente son 107 Tiendas y 33 Tiendas Súper Che en México.
- **Súper Che.** Negocio de reciente creación dedicado a comercializar mercancía de la canasta básica, abarrotes y artículos perecederos, cuentan con 33 unidades en toda la república.
- **Bodega Latina Corporation conocida como "El Súper".** Fundada en 1994, realiza su primera apertura de tienda en junio de 1997 en South Gate, CA (Sureste de Los Ángeles).
- **División inmobiliaria.** Esta área es responsable del crecimiento del Grupo en sus diversas divisiones, concentrando la tendencia inmobiliaria en una sola unidad de negocio, cuyo objetivo es la adquisición de inmuebles, construcción y comercialización de locales, administración y mantenimiento de los proyectos en los que participa el Grupo, actualmente esta división opera 32 centros comerciales.
- **Autotransportadora Chedraui S.A. de C.V.** Su función principal es la de abastecer de mercancías en forma pronta y oportuna a las unidades del Grupo, actualmente cuenta con 82 unidades de transporte pesado.

- **División Logística.** Es la encargada del recibo, preparación y embarque de mercancía tanto seca como fresca a todas las tiendas del grupo. Actualmente se cuenta con 3 centros de distribución en las ciudades de México, Villahermosa y Monterrey y con más de 70,000 m² de instalaciones y dando empleo directo a 1800 personas más 2500 empleos indirectos.

2.10 Labor Social

Grupo Chedraui es una empresa que crece a un ritmo rápido y eficiente gracias a una buena planeación, organización y, por supuesto, a la confianza de los consumidores. Actualmente cuentan ya con 128 tiendas y más de 28 mil colaboradores que hacen de esta empresa mexicana, un referente de prestigio además de ser un sinónimo de éxito.

Grupo Chedraui se preocupa también por su entorno y por la sociedad mexicana; es por ello que desde hace varios años, ha apoyado de forma importante a diversas instituciones, personas, colaboradores y a varios sectores de la sociedad, dentro de un plan que conforma el Área de Responsabilidad Social de Grupo Chedraui.

Hoy se pueden identificar todos estos esfuerzos en una amplia gama de actividades y apoyos que lleva a cabo el Grupo desde diversas áreas, en Fundación Chedraui, en cada una de las Tiendas Chedraui y Súper Che, en las escuelas Liceo de Artes y Oficios, A. C. y en nuestras oficinas. En cada una de ellas, se cuenta con programas concretos como son ayuda a instituciones escolares, médicas y asistenciales; los redondeos en cajas, la donación de alimento, y otras actividades más.

Una preocupación constante de Grupo Chedraui, ha sido el atender diversas necesidades de los sectores más desprotegidos de la población, por tal motivo en 1996 nace **Fundación Chedraui** cuya misión y visión son las siguientes:

- **Misión.** Contribuir al desarrollo de los mexicanos, mediante la decisiva participación en educación, salud y bienestar social.
- **Visión.** Ser una institución que promueva el desarrollo humano y el bienestar social

Aunque Fundación Chedraui, participa ayudando en diversas áreas, tres han sido donde ha acentuado sus esfuerzos: educación, salud y bienestar social. A continuación se mencionan algunas de ellas:

1. En el interior del Grupo. Se refiere a los programas que involucran a los colaboradores de la tienda, tales programas son:

- **Valores.** Es un programa en el cual difunde los conocimientos y valores universales del ser humano entre los colaboradores del Grupo.
- **Círculos de Lectura.** En estos círculos se promueve la lectura, convivencia, conocimiento y valores entre los colaboradores.
- **Convenio de Empacadores Voluntarios y trabajo a personas de la Tercera Edad.** Este programa permite a adultos mayores, tener un ingreso digno, sentirse útiles y prestar un servicio a la comunidad. Como empacadores, comparten esta actividad con niños, quienes acuden en otro horario, para que puedan asistir a la escuela.

2. En Educación. En educación los programas son los que se mencionan a continuación junto con su descripción.

- **Becas Escolares.** A través de los 3 Liceos de Artes y Oficios, A.C. ubicados en Xalapa, Veracruz y Villahermosa, se apoya a alumnos de escasos recursos, a colaboradores del Grupo y a sus familiares directos, para que cursen educación secundaria y preparatoria abierta, o bien participen en cursos y talleres, que les permita continuar con sus estudios profesionales, aprender un oficio, ingresar al campo laboral o abrir un negocio propio. Todo esto, con el propósito de brindarles a los alumnos, los conocimientos y herramientas para que puedan tener acceso a una vida productiva, y con ello un mejor nivel de vida, para ellos y sus familias.

 - **Becas Universitarias.** Gracias al apoyo de Fundación Chedraui, alumnos sobresalientes de escasos recursos tienen la oportunidad de ingresar o continuar sus estudios en la Universidad Anáhuac Xalapa y en la Universidad Veracruzana.

 - **Aulas de Cómputo.** Gracias al Programa de Redondeo que se realiza en las cajas de las tiendas del Grupo, y a la entusiasta participación de los cajeros, con el dinero que se reúne, y a través de la Institución "Únete", se brinda equidad de oportunidades a estudiantes de primaria y secundaria, equipando aulas con computadoras, capacitación e Internet en escuelas públicas de México.

 - **Formación Humana.** Otra institución beneficiada a través del Programa de Redondeo en nuestras tiendas es "Semilla de Esperanza" que promueve a través de cursos, valores éticos, morales, culturales, cívicos y familiares.
- 3. En Nutrición.** Otra labor social diferente es el de "Nutrición" y a continuación se detallan los programas que se incluyen dentro de él.

- **Programa de Nutrición.** Con la venta de tarjetas y la participación en el Programa de Redondeo en todas las tiendas, benefician al programa “Un kilo de ayuda” que busca prevenir la desnutrición en niños en comunidades rurales e indígenas.

 - **Donación de Alimentos.** Gracias al trabajo y concientización de nuestros colaboradores en Tienda, se colecta y separa la merma de alimentos, que se dona a Bancos de Alimentos y otras instituciones, quienes a su vez, la hacen llegar a familias, orfanatos y comunidades necesitadas; con el propósito de combatir la desnutrición y el hambre en las zonas de cobertura de Grupo Chedraui.
- 4. En Salud.** A continuación se mencionan algunos programas que funcionan para la empresa y sus colaboradores en este momento.
- **Atención Médica.** A través de Fundación Chedraui, y de diversas instituciones médicas como Hospitales, Sanatorios y Clínicas, se atiende a personas con diversas enfermedades y padecimientos, en especial aquellos que no cuentan con los recursos económicos para recibir una atención médica adecuada y de acorde a sus necesidades.

 - **Apoyo a Instituciones de Salud.** Fundación Chedraui brinda apoyo económico a Hospitales y otras instituciones, para que puedan continuar prestando sus servicios a cientos de pacientes, enfermos, en especial aquellas que no cuentan con seguro social.

- **Personas con Discapacidad.** Mediante la Fundación Chedraui y el Programa de Redondeo en Tiendas, apoyan a dos instituciones en el estado de Veracruz, el DIF Criver y Creever donde se atiende a niños y adultos con capacidades diferentes para que logren una rehabilitación, y así, incorporarse a la sociedad, con un modelo de atención integral.
- 5. En Asistencia Social.** Pretende prestar apoyo, orientación y dirección a quien la necesite a través de los siguientes programas:
- **Asistencia Social.** Por medio de Fundación Chedraui se atiende a diferentes instituciones, para que personas de escasos recursos logren un mejor nivel de vida. Destaca el apoyo que se brinda a “Caritas”, institución que recibe los donativos recibidos a través del Programa de Redondeo en las tiendas.
 - **Beneficencia.** Fundación Chedraui colabora con un amplio número de Instituciones para promover y apoyar los valores universales, la formación integral, la caridad y el voluntariado, especialmente en jóvenes, en la ayuda, asistencia y soporte de personas necesitadas.
- 6. En Vivienda.** Gracias a la participación de Fundación Chedraui, y de otras instituciones, se logra la construcción de casas para personas de escasos recursos.
- 7. En la Atención a Desastres Naturales.** A través de Fundación Chedraui se han canalizado importantes esfuerzos en la atención y ayuda a damnificados, sobre todo a colaboradores del Grupo, a compañeros de trabajo que han resultado afectados ante un desastre natural, brindando diversos tipos de apoyo, baste recordar las inundaciones de Villahermosa.

8. Liceo de Artes y Oficios. Uno de los programas que tienen mayor antigüedad en el grupo, que contó con todo el apoyo del fundador Don Antonio Chedraui Caram, y que data desde 1987 es el Liceo de Artes y Oficios, a.c. con dos áreas:

1. Estudios de bachillerato, carreras técnicas y cursos intensivos disponibles para la comunidad en general así como colaboradores de Tiendas Chedraui y sus familiares

A) El Bachillerato se ofrece en Xalapa y Veracruz. Dirigido a colaboradores de Grupo Chedraui y su familia. Las sesiones son sabatinas en horario matutino.

B) Las Carreras técnicas tienen duración de un año y se encuentran dirigidas al público en general que cuenta ya con bachillerato terminado y desea especializarse en alguna área para laborar en corto plazo. En este ciclo escolar se ofrecen las siguientes áreas:

- Auxiliar técnico en Gastronomía
- Auxiliar técnico de Oficina
- Auxiliar técnico en Computación básica
- Auxiliar técnico en Mercadotecnia y ventas
- Auxiliar técnico en Cultora de belleza.

C) Los cursos intensivos se ofertan a todo público con el objetivo de capacitar para el trabajo. Tienen duración de un mes y se ofrece:

- Operador punto de venta (cajas registradoras)
- Panadería industrial
- Frutas y verduras
- Fuente de sodas
- Salchichonería y lácteos

2. Centro de Capacitación Familiar Chedraui, que ofrece un sistema abierto de talleres y cursos pequeños, exclusivos para colaboradores de Grupo Chedraui y sus familiares directos

- Carpintería
- Gimnasio
- Cocina y repostería
- Computación
- Corte y Confección
- Manualidades
- Belleza
- Secundaria
- Ballet infantil
- Aerobics
- Estancia infantil

Cuenta con 3 planteles, ubicados en las ciudades de Xalapa, Veracruz y Villahermosa, atendiendo a más de 1,000 alumnos y con más de 15 mil egresados a lo largo de 20 años de exitosa trayectoria.

2.11 Servicios para el Cliente

Chedraui se compromete a mantener comunicación con sus clientes, por esto, a continuación se muestran los servicios que ofrece, así como una breve descripción de estos.

2.11.1 Servicios

Chedraui cuenta con diversos servicios para el cliente, entre los que destacan los siguientes:

- **Monedero Chedraui.** La tarjeta que acumula dinero en bonificaciones al realizar compras habituales en cualquiera de las tiendas Chedraui.

- **Tarjeta de Regalo.** Es una tarjeta de consumo prepagado que sirve para realizar compras en todas las Tiendas Chedraui. Es un medio seguro de pago que evita portar efectivo y es muy cómoda de llevar consigo. Funciona igual que una tarjeta de débito para todas tus compras.
- **Tarjeta de Crédito Chedraui.** Los beneficios que tiene son bonificación de \$100 por cada \$1,000 de compra; pago de servicios sin comisión y bonificaciones en productos participantes.
- **Cartera Dinámica.** A través de Chedraui se reciben los envíos de dinero que mandan desde Estados Unidos. Con Cartera Dinámica se recibe electrónicamente la cantidad que envían con la cual se realiza cómodamente el cobro o pago de compras en las tiendas Chedraui con beneficios adicionales.
- **Extensión de Garantía.** GAREX, es un programa de Garantías Extendidas que beneficia al cliente ofreciendo cubrir su artículo por más tiempo y haciendo de su inversión más fructífera a largo tiempo. Al adquirir algún artículo electrónico, línea blanca, video, audio o cómputo puede protegerlo con GAREX por 1 ó 2 años adicionales a la garantía del fabricante. Los artículos deberán tener un precio mayor a \$1,500.

2.11.2 Pago de Servicios

En Chedraui se pueden pagar cualquiera de los servicios que se mencionan a continuación:

- Luz
- Agua
- Teléfono



- Tarjeta American Express
- Tarjeta de Crédito Banco Fácil
- Créditos Compartamos Banco
- Servicio de Televisión SKY
- Recargas de Telefonía Móvil

Todos estos servicios se pueden pagaren cualquiera de las cajas que se encuentren en servicio dentro de la tienda ya sea en efectivo, con tarjeta de crédito, vales o monedero electrónico.

Marco Teórico



3.1 Concepto de Simulación

La simulación es una herramienta eficaz utilizada para analizar y estudiar sistemas complejos, permite diseñar un modelo que represente un sistema real con la finalidad de observar y entender su funcionamiento en un período de tiempo; así también, postular teorías que ayuden a predecir los efectos que se producirían en el sistema mediante los cambios en su interior.

Raúl Coss Bu (2005), dice que, la simulación ha sido definida por diversos autores en diferente tiempo y hace mención de algunas de las definiciones más aceptadas que a continuación se describen, como son:

Naylor, (1991), "Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo".

Shannon, (1988), "Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema"

Con los conceptos anteriormente mencionados se concluye que, la simulación es la representación de un proceso o sistema mediante otro que lo hace más simple y entendible, permite analizar sus características con la finalidad de observar su funcionamiento, crear diversas situaciones para conocer cómo se comporta ante éstas y evaluar diferentes alternativas de acción a través de un período de tiempo para seleccionar la que mejor le convenga al sistema.

3.2 Modelos de Simulación

Un modelo es una abstracción de la realidad, descripción formal de los elementos más esenciales de un problema; en consecuencia los modelos de simulación de sistemas se clasifican de diversas formas:

1. Estáticos o Dinámicos
2. Continuos o Discretos
3. Determinísticos o Estocásticos

3.2.1 Modelos Estáticos

Un modelo estático describe una relación, o un conjunto de relaciones, que no cambia a través del tiempo, por ejemplo, se encuentran los modelos de regresión que no incorporan el factor tiempo como una de las variables independientes.

3.2.2 Modelos Dinámicos

Un modelo dinámico describe una relación que varía en el tiempo. Como ejemplos de sistemas dinámicos se pueden citar los modelos de regresión lineal que incluyen el factor tiempo como una de las variables independientes.

3.2.3 Modelos Continuos

En los modelos continuos, la naturaleza del sistema permite cambios de estado continuos, determinados por cambios continuos en los valores de las variables que representan el estado del sistema (Barceló, 1996).

Dichos modelos manejan sistemas que su comportamiento cambia continuamente a través del tiempo, usan ecuaciones diferentes para describir las interacciones entre los distintos elementos del sistema (Taha, 2005).

3.2.4 Modelos Discretos

Taha (2005) menciona que los modelos discretos se relacionan principalmente con el estudio de teoría de colas, cuyo objetivo es determinar medidas como el tiempo de espera promedio y el tamaño de la cola, las cuales sólo cambian cuando entra o sale un cliente al sistema, en todos los demás momentos nada sucede en el sistema, desde el punto de vista de reunir datos estadísticos y en los instantes en que suceden los cambios, en puntos discretos en el tiempo, dan el nombre de simulación de evento discreto.

"Para los sistemas discretos, el seguimiento de los cambios de estado requiere la identificación de qué y cuándo se presenta la causa del cambio, denominado un suceso, las ecuaciones del modelo se convierten entonces en las ecuaciones y relaciones lógicas que determinan las condiciones en que tiene lugar la ocurrencia del suceso". (Barceló, 1996)

3.2.5 Modelos Determinísticos

Un modelo es determinístico si no contiene variables aleatorias sus predicciones obtenidas en el marco de un conjunto específico de condiciones serán siempre idénticas.

3.2.6 Modelos Estocásticos

Un modelo es estocástico, si contiene una o más variables aleatorias, sus predicciones obtenidas en el marco de un conjunto específico de condiciones no siempre son las mismas, debido a que dichas variables toman diferentes valores cada vez que se resuelven.

3.3 Ventajas y Desventajas de la Simulación

3.3.1 Ventajas

Naylor, 1991, citado por Coss Bu (2005), ha sugerido que un estudio de simulación es muy recomendable porque presenta las siguientes ventajas:

- A través de un estudio de simulación, se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.
- Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.
- La técnica de simulación puede ser utilizada como un instrumento pedagógico para enseñar a estudiantes habilidades básicas en análisis estadístico, análisis teórico, etc.
- La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema y a entender mejor las interrelaciones de las variables.

- La técnica de simulación se usa para experimentar con nuevas situaciones, sobre las cuales se tiene poca o ninguna información. A través de esta experimentación se anticipa mejor a posibles resultados no previstos.
- La técnica de simulación se utiliza también para entrenamiento de personal. En algunas ocasiones se tiene una buena representación de un sistema, y entonces a través de él es posible entrenar y dar experiencia a cierto tipo de personal.
- Cuando en un sistema son introducidos nuevos elementos, la simulación se usa para anticipar cuellos de botella o algún otro problema que puede surgir en el comportamiento del sistema.

3.3.2 Desventajas

Una desventaja de la simulación es que el desarrollo de algunos sistemas complejos sea demasiado tardado y costoso, pues el modelo tiene que ser perfeccionado para trabajar tal y como sucede con el sistema real. "Finalmente, es posible que la alta administración de una organización no entienda esta técnica y esto crea dificultad en vender la idea" (Coss Bu, 2005).

3.4 Metodología de la Simulación

Diversos autores (Naylor, Shanon, Coss Bu) han escrito acerca de los pasos que se requieren para desarrollar un estudio de simulación, sin embargo, la mayoría coincide con la siguiente metodología.

1. Definición del Problema

En este paso se debe especificar el por qué de la simulación, los objetivos deben ser claros para abordar el problema por el cual se ha solicitado el proyecto de simulación. Es recomendable hacer un análisis preliminar del sistema con el fin de determinar sus restricciones, las variables que interactúan dentro de él, las medidas de efectividad y los resultados que se esperan obtener del estudio.

2. Formulación del Modelo

Una vez definidos los objetivos, es necesario identificar todas las variables que forman parte del sistema, sus relaciones lógicas de modo que, se describa en forma completa al sistema a simular. Es importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados.

3. Recolección de Datos

En esta etapa, se deben identificar los datos necesarios para llevar un control de los parámetros seleccionados en el estudio, que sirvan para recopilar la información a utilizar en la experimentación del modelo, como ejemplos; tiempos, cantidad de personas, horas de llegada, entre otros.

4. Construcción del Modelo

Con el modelo definido, se debe decidir qué lenguaje de simulación utilizar para procesarlo en la computadora y obtener los resultados deseados, en el presente proyecto se utiliza ProModel[®] puesto que permite capturar la aleatoriedad y las interdependencias de la realidad, así también utilizar las distribuciones de probabilidad.

5. Verificación y Validación del Modelo

Comprobar que existe la correspondencia adecuada entre el sistema real y el modelo a simular, de tal forma que sea una representación fiel de la realidad.

Coss Bu, (2005) menciona que a través de esta etapa es posible detallar deficiencias en la formulación del modelo y que las formas más comunes de validar un modelo son:

- La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación.
- La exactitud con que se predican datos históricos.
- La exactitud en la predicción del futuro.
- La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.
- La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación.

6. Diseño de Experimentos y Experimentación

En función de los objetivos del estudio, permite desarrollar las estrategias de definición de los escenarios a simular, cuando se comprueba que el modelo es válido, se diseña el experimento, determinando la longitud de la simulación que incluyen todos los datos, las condiciones iniciales y el tiempo de cada corrida.

7. Análisis de los Resultados

En este paso, se deberán analizar los resultados obtenidos a través de las corridas de simulación con la finalidad de detectar problemas y recomendar mejoras o soluciones.

8. Documentación

Se debe proporcionar documentación sobre el trabajo efectuado con la cual se facilitará la interacción y el uso del modelo desarrollado a través de una computadora.

3.5 ProModel®

ProModel® es un programa de simulación en el cual se permite crear un modelo computarizado de todo proceso y una vez realizado el modelado, se simula una gran cantidad de situaciones, para esto es necesario tomar en cuenta que los elementos conformados el modelo deben estar definidos correctamente, porque el programa antes de hacer la simulación comprueba la corrección en la definición, además, debe contener al menos los elementos como: Locaciones, entidades, llegadas y proceso.

3.5.1 Locaciones (Locations)

Las locaciones representan los lugares fijos en el sistema a dónde se dirigen las entidades por procesar, el almacenamiento, o alguna otra actividad o fabricación. Deben usarse locaciones para modelar los elementos como las máquinas, líneas de espera, estaciones de trabajo, y bandas transportadoras.

3.5.2 Entidades (Entities)

Son aquellas que entran al sistema, siguen una ruta, realizan alguna actividad dentro de él y se retiran, en otras palabras, todo lo que el sistema procesa es llamado "Entidad", también se piensa en ellas como las partes en los sistemas, personas, papeles, tornillos, productos de toda clase.

3.5.3 Llegadas (Arrivals)

Las llegadas se refieren al instante en que una entidad es introducida en el sistema y activan el funcionamiento del proceso. Una llegada suele consistir de clientes, materia prima, información, entre otros.

3.5.4 Proceso (Processing)

El proceso define las rutas y las operaciones que se llevaran a cabo en las locaciones para las entidades en su viaje por el sistema tomando en cuenta la información recolectada del sistema, como la cantidad de tiempo que una entidad gasta en un lugar, los recursos que se necesitan para realizar el proceso, y cualquier otra cosa que ocurra en la locación.

3.6 Stat::Fit™

Stat::Fit™ es un software que se utiliza para ajustar datos a distribuciones de probabilidad. Stat::Fit™ toma los datos de eventos que ocurren en forma aleatoria, desde una planilla electrónica, archivo de texto o por ingreso en forma manual, convirtiéndolos a la mejor distribución de probabilidad e ingresándolos automáticamente al software de simulación ProModel®.

Con Stat::Fit™ no se requiere de conocimientos previos en estadística para ajustar los datos a distribuciones de probabilidad, a través de Stat::Fit™ se logra representar la aleatoriedad dentro de los modelos de simulación automáticamente.

3.7 Distribuciones de Probabilidad

Una distribución de probabilidad es aquella que describe cómo se espera que varíen los resultados. Para el presente proyecto, las distribuciones de probabilidad ayudarán a determinar la frecuencia con que los clientes llegan a la caja rápida. Existen diferentes tipos de distribuciones de probabilidad, pero la que interesa para el estudio es la distribución de probabilidad continua. Este tipo de distribución es generada por una variable aleatoria continua, es decir, que toma valores enteros o fraccionarios como el tiempo de servicio que se tomará en cuenta para la recolección de datos. Las distribuciones de probabilidad continua que se utilizarán en el programa de simulación son:

- ✓ Pearson 5
- ✓ Pearson 6
- ✓ Weibull
- ✓ InverseGaussian
- ✓ Log Normal
- ✓ Erlang

Estas distribuciones son calculadas mediante el software Stat::Fit™ donde solo basta con introducir los datos en el programa para que nos arroje una probabilidad con los parámetros establecidos que indicarán el comportamiento de los datos.

3.8 Pruebas de Bondad de Ajuste

La prueba de bondad de ajuste permite probar el ajuste de los resultados de un experimento a una distribución de probabilidad teórica sujeto a un error o nivel de confianza. El método en cuestión se basa en la comparación de las frecuencias

absolutas observadas y las frecuencias absolutas esperadas, calculadas a partir de la distribución teórica en análisis.

Las pruebas de bondad de ajuste tienen por objetivo determinar si los datos se ajustan a una determinada distribución, esta distribución puede estar completamente especificada (hipótesis simple) o perteneciente a una clase paramétrica (hipótesis compuesta).

Las pruebas de Bondad de Ajuste más comúnmente conocidas, son:

- Kolmogorov-Smirnov
- Chi-Cuadrada

La prueba Chi-Cuadrada se emplea tanto para distribuciones continuas como para discretas, mientras que la de Kolmogorov-Smirnov se emplean sólo para distribuciones continuas.

3.8.1 Prueba Kolmogorov-Smirnov

La prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica cuyo objetivo es señalar si los datos provienen de una población que tiene la distribución teórica especificada.

Mediante la prueba se compara la distribución acumulada de las frecuencias teóricas $f_t(X)$ con la distribución acumulada de las frecuencias observadas $f_m(X)$, se encuentra el punto de divergencia máxima y se determina qué probabilidad existe de que una diferencia de esa magnitud se deba al azar.

Marques Dos Santos, 2001, menciona que los pasos que se tiene que seguir para aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov son los siguientes:

1. Plantear la hipótesis: $H_0: F_m(X) = F_t(X)$ para todo $X \in R$
 $H_a: F_m(X) \neq F_t(X)$, por lo menos para un X .
2. Calcular todos los valores de $F_m(X)$ de la muestra $X_1, X_2, \dots, X_\infty$
3. Determinar la desviación máxima, que está dada por el supremo de los valores absolutos de las diferencias entre los valores de la función acumulada teórica y de la muestra: $D = \sup|F_m(X) - F_t(X)|$
4. Escoger un nivel de significación α (5%, 1% o semejante)
5. No se rechaza H_0 si el valor calculado D es menor o igual que el valor de la tabla y se rechaza H_0 si el valor calculado D es mayor que el de la tabla.

Las suposiciones en la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov son:

1. Muestras aleatorias.
2. La población debe ser continua en la variable observada.
3. La prueba no es válida si se tienen que estimar uno o más parámetros usando los datos de la muestra.

3.8.2 Prueba Chi Cuadrada

Cuando las observaciones de una investigación corresponden a muestras independientes y las mediciones se tienen en escala nominal, la prueba chi cuadrada es el procedimiento de elección para el contraste de hipótesis pues se emplea en el análisis de dos o más grupos y de dos o más variables.

La eficacia de la prueba no se ha determinado con exactitud; sin embargo, a medida que el tamaño de la muestra aumenta, el valor de probabilidad de error para

aceptar hipótesis alternas (H_a o H_0) se acerca a 1. En sentido opuesto, cuando el número de la muestra es menor que 20, se pierde eficacia y bajo estas condiciones, es conveniente no aplicar la prueba de chi cuadrada.

La fórmula de la prueba chi cuadrada es:

$$X^2 = \sum_{N=1}^H \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

X^2 = Valor estadístico de Chi Cuadrada

f_o = Frecuencia Observada

f_e = Frecuencia Esperada

Pasos para calcular la prueba Chi Cuadrada:

1. Arreglar las observaciones en una tabla de contingencias.
2. Determinar el valor teórico de las frecuencias para cada casilla.
3. Calcular las diferencias entre los valores observados con respecto a los teóricos de cada casilla.
4. Elevar al cuadrado las diferencias y dividir las entre el valor teórico de la casilla correspondiente.
5. Obtener la sumatoria de los valores anteriores, que es el estadístico X^2 .
6. Calcular los grados de libertad.
7. El valor de X^2 se compara con los valores críticos de chi cuadrada de la tabla de valores críticos de X^2 y de acuerdo con los grados de libertad, y se determina la probabilidad.
8. Decidir si se acepta o rechaza la hipótesis.

3.9 Diagrama Causa - Efecto

Un Diagrama Causa - Efecto es una representación gráfica que muestra las relaciones entre un problema y sus posibles causas con la finalidad de describir la situación, comprenderla mejor, identificar la causa principal del problema y eliminarlo o mejorarlo; es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema, conocido también como Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espina de Pescado. Como ejemplos de los diferentes usos del Diagrama Causa - Efecto son:

- Al identificar un producto o servicio para el análisis, para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problema o causas de una forma sistemática.
- Al identificar oportunidades para mejorar.
- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (por producto, por segmento, del mercado, área geográfica, etc.)
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
- Cuando el rango de cada categoría es importante.

Construcción del Diagrama

Para empezar a construir el Diagrama Causa - Efecto, inicialmente se debe identificar el efecto que se desea estudiar, es decir, el problema principal sobre el cual se hará el análisis ubicado en la punta de la flecha horizontal principal. Posteriormente, se definen ciertas categorías de causas que englobarán las causas secundarias y que estarán ubicadas en los brazos principales del diagrama.

Después, se escribirán las causas secundarias, es decir, las causas que provocan las causas principales. Finalmente se verifica que todos los factores hayan sido incorporados al diagrama. Las relaciones causa - efecto deben quedar claramente establecidas y en ese caso, el diagrama estará terminado. Un ejemplo de un Diagrama Causa - Efecto se ilustra en la **Figura 3.1**

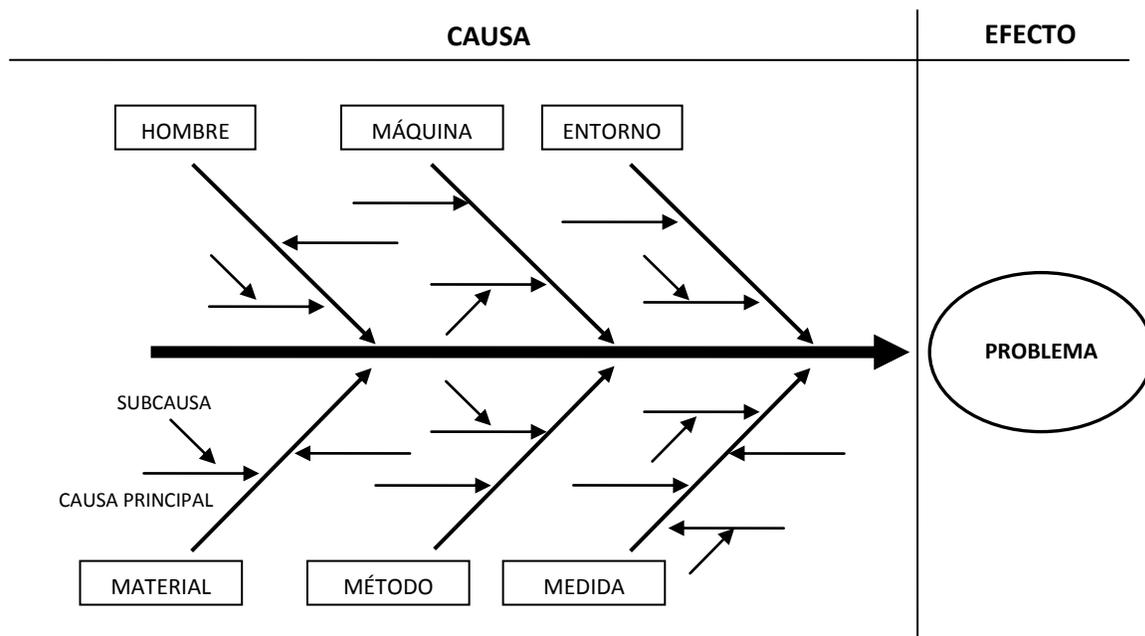


Figura 3.1 Diagrama Causa - Efecto. Ejemplo

Cuando el Diagrama está finalizado, se discute, analiza y, si se requiere, se realizan modificaciones. La discusión debe estar dirigida a identificar la causa o las causas más probables que originan el problema principal y a generar, si es necesario, posibles planes de acción. La causa más probable debe identificarse a simple vista, es decir, aquella categoría de causas que tenga más causas secundarias será la que probablemente esté ocasionando el problema principal.

Formulación del Modelo de Simulación



4.1 Formulación del Problema

Consiste en delimitar el problema estableciendo los objetivos que se persiguen con la investigación, detallando todos los datos que se tomaron en cuenta para su formulación, como a continuación se describen.

4.1.1 Análisis de la Situación Actual

Las cajas rápidas están diseñadas para aquellos clientes que compren una cantidad mínima de productos o bien, realicen pagos de servicios, tarjetas bancarias, entre otros, con la finalidad de ofrecerles un servicio de cobro rápido y eficiente que se adecúe a sus necesidades.

La caja rápida de la Operadora Chedraui S. A. de C. V. tiene las mismas condiciones que el resto de las cajas, con la única excepción de la cantidad de artículos permitidos, éstas son:

1. **Cantidad de Artículos Permitidos**
 - Máximo 8 artículos por persona

2. **Aceptar pagos en:**
 - Efectivo
 - Tarjeta de Crédito o Débito
 - Vales
 - Cheques
 - Monedero Electrónico

3. **Atender los Servicios**
 - Agua
 - Luz
 - Teléfono

- Compartamos
- Sky
- Pago de Tarjetas Bancarias
- Recarga de Tiempo Aire

La inconformidad de los clientes por el servicio, es lo mismo en todas las cajas; sin embargo, en caja rápida es más delicado por el hecho de ser "llamada así" pues se gasta una gran cantidad de tiempo para solucionar algo que es posible evitarlo.

Los problemas más frecuentes que se encuentran en la caja rápida son aquellos que se relacionan con los clientes, productos, cajeros en servicio, caja en uso, empacadores (niños o adultos mayores), o bien, cuando llaman al supervisor por alguna complicación existente. Entre las situaciones en estos problemas son los siguientes:

- **CLIENTES.** Los problemas que se relacionan con los clientes son los causados por ellos mismos, por ejemplo:
 - Al no respetar el límite de artículos permitidos y llevan más de 8 productos.
 - Cuando se tardan en pagar por distracción, como; platicar, por buscar el dinero o la tarjeta de pago.
 - Cuando además de los productos que llevan, pagan uno o varios servicios.
 - Reclamaciones o aclaraciones de algún servicio o producto ofrecido por la tienda.
 - Cuando la compra se cancela por no tener el dinero completo, por llevar la tarjeta de crédito sin firma, sin crédito disponible e incluso por intentar pagar con dinero falso.
 - Por preguntar un precio.

- **PRODUCTOS.** La mayoría de las ocasiones, los inconvenientes relacionados con los productos no están en manos del cajero, mucho menos en las del cliente. Estos inconvenientes se deben a:
 - Cambio de producto defectuoso, sin código o porque el precio no corresponde al observado en estantes.
 - Llamar al Jefe de Departamento por algunas de las razones anteriormente mencionadas.
 - Cancelación del producto por defecto en él, variación en el precio o por desidia del cliente.
 - Revisión del producto. Generalmente cuando son productos como mochilas, que tengan muchas bolsas se revisan por seguridad, pues en ocasiones se llevan mercancía dentro de otra sin pagar.

- **SUPERVISOR.** Los problemas a los que se refiere, son con el hecho de esperar a que el supervisor llegue a caja y solucione algún tipo de inconveniente introduciendo una llave y un código en la caja, por ejemplo:
 - **Cancelación.** El supervisor es llamado a través del faro rojo que se encuentra en la caja; debe llegar e introducir la llave y el código de cancelación. El problema radica en el tiempo de espera por él, pues en ocasiones no se encuentra cerca de la caja o simplemente, no se da cuenta del faro encendido.
 - **Anulación de Cuenta.** Esperar a que el supervisor y la persona de seguridad lleguen a caja para cancelar todos los productos de la cuenta y corroborar que todo esté completo; dicha anulación puede deberse a robo de productos, pago con billetes falsos, inconformidad del cliente o cambio de opinión del mismo.
 - **Falta de Cambio en Caja.** Esto ocurre con mucha frecuencia debido a que pagan con billetes de alta denominación, especialmente en días de quincena.

- **Cambio de Precio.** Esto es para productos en oferta por algún defecto, se encuentran fuera de temporada, o bien, entran en alguna promoción y no se actualiza el precio en el sistema.
- **Error al Digitar un Código.** Puede deberse a que el cajero es nuevo y le falta capacitación o bien, distracción del mismo.

- **CAJERO.** La mayoría de las complicaciones que se relacionan con el cajero, son en las que él participa directamente pero que de igual forma, algunas no están en sus manos resolverlas; se mencionan por ejemplo:
 - **Lentitud al cobrar.** Por falta de capacitación, por su estado de ánimo o por ser nuevo y no tener experiencia en cobrar.
 - **Digita mal un código.** Por distracción o cajero nuevo, por lo tanto, no conoce todos los códigos de los productos.
 - **Retiro de efectivo en caja.** Ha llegado al límite de efectivo permitido en caja y efectúa su retiro correspondiente.

- **CAJA.** Los problemas de cajas observados frecuentemente son, por ejemplo, el cambio de rollo para impresión de tickets además de los que se relacionan con el mantenimiento de la misma, pues a falta de éste el lector de códigos o la banda transportadora dejan de funcionar correctamente.

- **EMPACADOR.** Son pocos los inconvenientes con los empacadores, pero algunas veces significativos; dependen de la habilidad que tengan para empacar o bien, que se ausenten de la caja para ir por bolsas para colocar los productos, entre otros.

En seguida se presentan los problemas más frecuentes en el servicio de cobro de la caja rápida detallando las diversas causas que los provocan, en la **Tabla 4.1** mediante una tabla resumen y en la **Figura 4.1** mediante un Diagrama de Causa - Efecto.

Tabla 4.1 Problemas Frecuentes en la Caja Rápida y sus Posibles Causas

PROBLEMAS	DESCRIPCIÓN	CAUSAS
CLIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Llevan más de 8 artículos ▪ Tardanza al pagar ▪ Además de los artículos, llevan varios recibos para pagar ▪ Aclaración o reclamación ▪ Compra cancelada 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No visualizan el letrero: Máximo 8 Artículos ▪ Falta de respeto a las restricciones de la caja ▪ Distracción de clientes ▪ Acumulación de pagos ▪ Cliente inconforme ▪ Tarjeta de crédito sin firma ▪ Billetes falsos ▪ Están platicando con alguien más ▪ Dinero incompleto
PRODUCTO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de producto ▪ Llamar al Jefe de Departamento ▪ Cancelación del producto ▪ Revisión del producto 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producto defectuoso ▪ Sin código ▪ En oferta ▪ Precio distinto al visto en estantes ▪ Cambio de opinión del cliente ▪ Por seguridad
ESPERA POR EL SUPERVISOR	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cancelación ▪ Anulación de cuenta ▪ Falta cambio en caja ▪ Cambio de precio ▪ Error al digitar un código 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producto defectuoso, sin código, en oferta o promoción ▪ Cliente inconforme con el servicio o producto ▪ Distracción del cajero ▪ Pagan con billetes de alta denominación ▪ Cambio de opinión del cliente ▪ No llevan dinero suficiente para pagar la cuenta total ▪ Cajero Nuevo ▪ Pago con billetes falsos o robo de productos
CAJERO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lento ▪ Retiro de efectivo ▪ Digita mal un código 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de capacitación ▪ Cajero nuevo ▪ Distráido ▪ Estado de ánimo ▪ Límite de efectivo en caja
CAJA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No sirve la banda o el lector de código ▪ No hay rollo para el ticket 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de mantenimiento ▪ Falta de abastecimiento de papelería para la caja
EMPACADOR	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lento ▪ Ausente 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Empacador nuevo ▪ Fue por bolsas para empacar ▪ Distráido

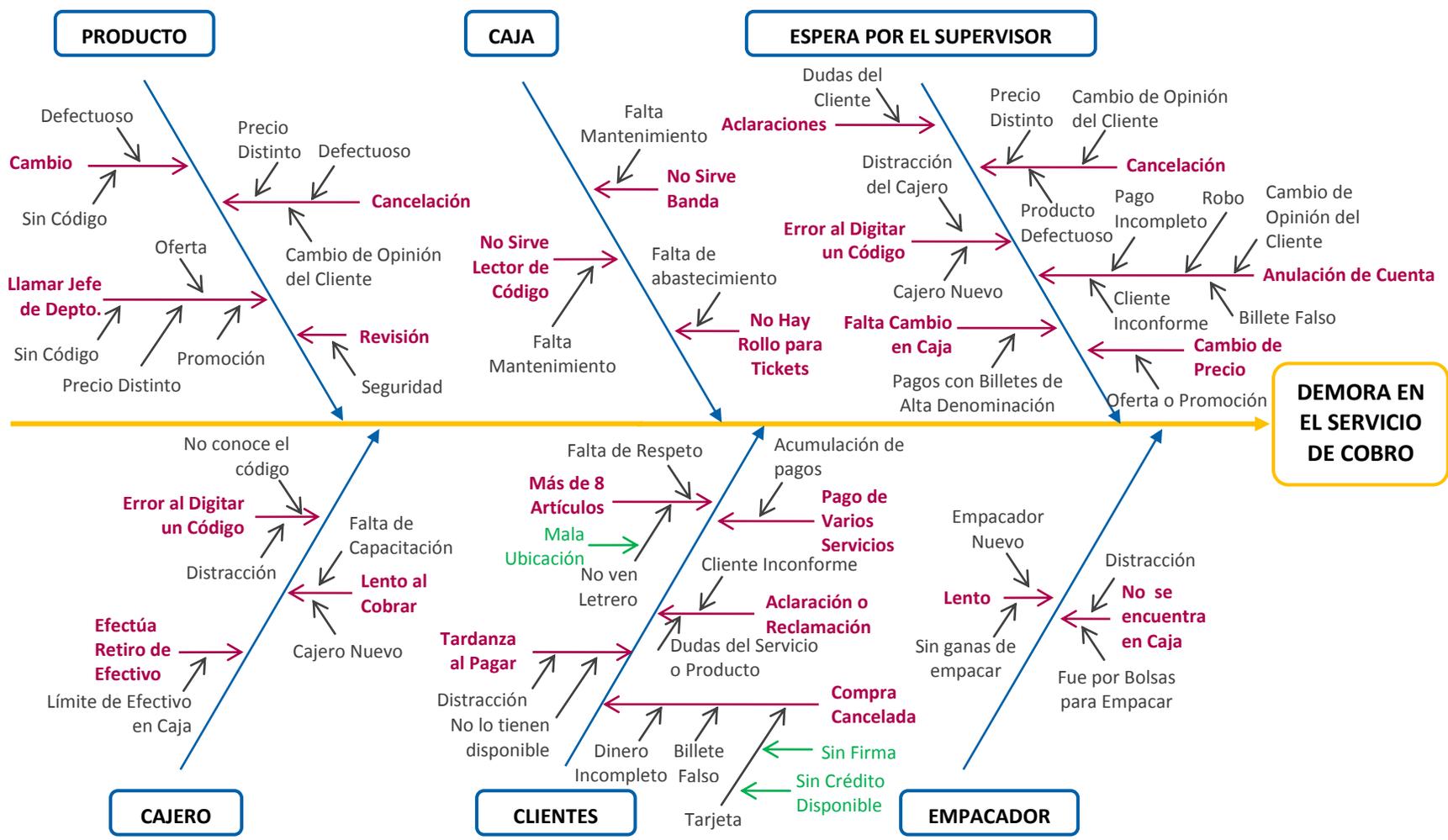


Figura 4.1 Diagrama Causa-Efecto de la Descripción de la Demora en el Servicio de Cobro de la Caja Rápida de la Operadora Chedraui S. A. de C. V.

Con base en la información presentada anteriormente, se visualiza con facilidad en dónde radica el origen de los problemas que con frecuencia ocurren en la caja rápida; entre los más importantes se encuentran la **Espera por el Supervisor** y los **Clientes**, notándose una cantidad mayor de causas y subcausas que originan la demora del servicio de cobro, seguidos del **Producto, Cajero, Caja y Empacador**.

A manera de conclusión se dice que el problema principal que tiene por objeto esta investigación es:

El tiempo excesivo que los clientes gastan en espera del servicio de cobro de la caja rápida de la Operadora Chedraui S. A. de C. V., Sucursal Plaza Cristal.

Con base en la **Figura 4.1**, se considera que los clientes guardan una relación muy estrecha con las causas que originan este gran problema, no dejando de lado, la responsabilidad que le corresponde a la tienda para con el servicio que ofrecen a sus consumidores.

4.1.2 Formulación de Objetivos

Entre los objetivos principales por los que se pretende desarrollar un modelo de simulación para representar el comportamiento de la caja rápida son:

- Reducir del tiempo de espera de los clientes por el servicio de cobro de la caja rápida.
- Reducir el número de clientes en la línea de espera del servicio.
- Incrementar la satisfacción del cliente por el servicio.
- Establecer alternativas de solución.

4.1.3 Medidas de Efectividad

Las medidas de efectividad se definieron tomando en cuenta el problema principal y con base en lo que se pretende lograr con el desarrollo de un modelo de simulación; éstas se utilizarán para comparar los diferentes diseños de sistemas para poder seleccionar la alternativa más apropiada para la solución.

Este estudio tiene como objetivo la reducción del tiempo de espera de los clientes por el servicio de cobro de la caja rápida, en consecuencia, las medidas de efectividad son:

- **El tiempo de espera de los clientes a ser atendidos**
- **Número de clientes en línea de espera**

Al término de las corridas de simulación, se tomarán todos los datos de las medidas de efectividad antes mencionadas que haya arrojado el programa y se comparará la información obtenida del sistema simulado contra la del sistema real para obtener los resultados esperados que lleve al cumplimiento de los objetivos.

4.2 Formulación del Modelo de Simulación

A continuación se especifican las características del sistema, el proceso principal, sus componentes y el análisis de los datos recolectados durante la toma de tiempos realizado para la creación del modelo de simulación.

4.2.1 Proceso Principal de la Caja Rápida

En la Operadora Chedraui S. A. de C. V. los clientes forman una cola para ser atendidos en la caja rápida; existe sólo una rápida en el área de línea de cajas y

esperan según la información obtenida en el **Anexo A**; un tiempo promedio de 45.82 segundos, siendo el tiempo mínimo de espera de 4.57 segundos y un tiempo máximo de 9.58 minutos. Cuando comienza el proceso de servicio, el cajero debe cumplir con un "Modelo de Servicio" requisito de la empresa y, posteriormente, comenzar a cobrar los artículos; una vez que el servicio termina, el cliente paga la cuenta, toma sus productos y se retira del sistema.

En la **Figura 4.2** se muestra la Representación del Sistema de Servicio de Cobro de la Caja Rápida, desde que un cliente llega hasta que sale del sistema.

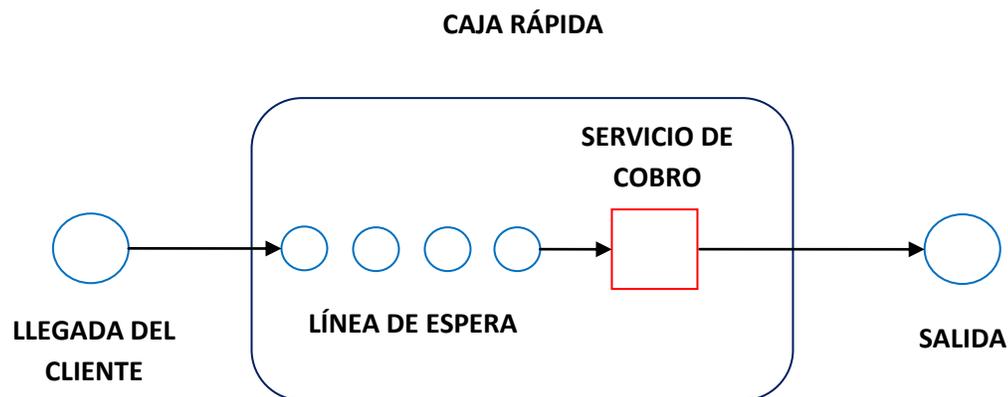


Figura 4.2 Representación del Sistema del Servicio de Cobro de la Caja Rápida

Cabe señalar que el "Modelo de Servicio" antes mencionado es una serie de pasos que el cajero debe cumplir como requisito de la empresa y que se tomó en cuenta para la toma de tiempos. El "Modelo de Servicio" inicia con un saludo cordial al cliente, haciendo una pregunta referente a lo que el cliente llegó a buscar a la tienda, y termina con un agradecimiento por su compra y una amable despedida.

- **INICIO.** "Buenos días, tardes o noches. ¿Encontró todo lo que buscaba?"
- **FIN.** "Gracias por su compra. Que pase buenos días, tardes o noches"

Es recomendable que todos los cajeros cumplan con este modelo por la buena imagen que deben proyectar, pero existen excepciones, y no todos lo practican.

4.2.2 Componentes del Sistema

La caja rápida es un sistema pequeño y aparentemente poco complejo, pues es necesario definir y tomar en cuenta diversas variables que juegan un papel importante en el tiempo de servicio; puede dividirse en partes aun más pequeñas y cada una con sus funciones específicas.

En la **Tabla 4.2** se muestran los componentes que forman el sistema: Entidades, Eventos, Recursos, Atributos.

Tabla 4.2 Componentes del Sistema

ENTIDADES	EVENTOS	RECURSOS	ATRIBUTOS
Clientes	Servicio de Cobro <ul style="list-style-type: none"> ▣ Llegada a la caja rápida ▣ Formar Cola ▣ Ocupar el Servidor ▣ Pagar Artículos ▣ Salir del Sistema 	Caja Rápida <ul style="list-style-type: none"> ▣ Cajero ▣ Capacidad ▣ Tiempo de Servicio 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Hora de Llegada ▣ Cantidad de Artículos ▣ Pago de Servicio ▣ Forma de Pago ▣ Hora de Salida

4.2.2.1 Entidades del Sistema

Las entidades de un sistema son aquellos componentes que son procesados dentro de él, en otras palabras y para efectos de esta investigación, son los clientes

que entran al sistema y pasan por el proceso del servicio de cobro hasta que salen del mismo.

4.2.2.2 Eventos del Sistema

Los eventos del sistema son sucesos que ocurren en algún momento del tiempo y se diferencian de otro porque el estado del sistema ha cambiado. Los eventos que se definieron para el sistema de la caja rápida son:

- 1. Llegada de un cliente a la caja**
- 2. Espera por el servicio de cobro**
- 3. Inicio del servicio de cobro**
- 4. Fin del servicio de cobro**
- 5. Salida del Sistema**

Generalmente los eventos son delimitados por el curso que las entidades siguen dentro del sistema, en este caso, la ruta que siguen los clientes desde que llegan a la caja rápida y hasta que salen de ella.

4.2.2.3 Recursos del Sistema

Los recursos del sistema son aquellos que proporcionan el equipo y personal para que se efectúen las actividades; en este caso, la caja rápida es el recurso principal de este sistema pues es el medio por la cual las actividades son realizadas, proporcionan a una caja registradora con sus componentes como lector de códigos y banda transportadora y un cajero para atender a los clientes; además, cuentan con ciertas características como la capacidad de atender a un cliente a la vez y el tiempo

de servicio determinado por la habilidad del cajero y por los atributos propios del cliente como la cantidad de artículos, forma de pago, entre otros.

4.2.2.4 Atributos del Sistema

Los atributos se relacionan básicamente con las entidades, son las particularidades que hacen a cada entidad distinta. Estas características son las que se mencionan en la **Tabla 4.2** y que se describen en el siguiente punto.

4.2.3 Análisis de los Datos que se Incluyen en el Modelo de Simulación

En seguida se escriben detalles de los datos e información que se tomaron en cuenta para la formulación del modelo de simulación.

4.2.3.1 Descripción de los Datos

Los componentes del sistema que se especifican en la **Tabla 4.2**, se definieron de acuerdo a lo que se pretende lograr con el estudio de simulación y a las medidas de efectividad establecidas anteriormente. Los atributos de las entidades del sistema son los datos que se tomaron en cuenta como base para la toma de tiempos.

A continuación una descripción de los atributos que los clientes adquieren al llegar a la caja rápida:

- **Hora de Llegada.** Se refiere a la hora del día en que un cliente entra al sistema, es decir, cuando ingresa a la línea de espera de la caja rápida.

- **Número de Artículos.** Es la cantidad de artículos que lleva cada cliente.
- **Forma de Pago.** Se refiere a la forma en que el cliente pagará sus artículos, ya sea en efectivo, con tarjeta de crédito, débito o monedero, vales, cheques o cualquier combinación de estos.
- **Actividad.** Además de los artículos, los clientes aprovechan para pagar algún tipo de servicio gubernamental como el recibo de luz, teléfono, o cualquier otro servicio como las recargas electrónicas de telefonía móvil.
- **Observaciones.** Se refiere a cualquier tipo de problema que haya ocurrido durante el tiempo de servicio.

4.2.3.2 Formato Utilizado

En la **Tabla 4.3**, se detalla el formato utilizado para la toma de tiempos que permite el desarrollo del modelo de simulación, tomando en cuenta la hora de llegada del cliente, el tiempo que tarda en el servicio, la hora que sale del sistema, el número de artículos que lleva, la forma de pago, el tipo de actividad y las observaciones necesarias donde se incluyen los problemas más frecuentes.

Tabla 4.3 Formato Utilizado para la Toma de Tiempos

Hora de Llegada	Tiempo de Servicio	Hora de Salida	Número de Artículos	Forma de Pago	Actividad	Observaciones
hh:mm:ss	mm:ss.00	hh:mm:ss	Cantidad	Efectivo Tarjeta Vales Cheques	Luz Teléfono Compartamos Abonos Recargas	Problemas
-	-	-	-	-	-	-

4.3 Recolección de Datos

A continuación se detallan los parámetros que se tomaron en cuenta para la recolección de datos, el tiempo del estudio, horarios, descripción del proceso de recolección, entre otros.

4.3.1 Duración del Estudio

La duración del estudio se determinó tomando en cuenta que la población es infinita, pues la llegada de clientes a la tienda es variable y por lo tanto, no se conoce con exactitud la cantidad de clientes que llegarán a comprar en un período de tiempo determinado. El total de la duración del estudio fue de seis semanas distribuidas de la siguiente forma:

- Dos semanas para la toma de **tiempos de servicio** en el horario de la mañana.
- Dos semanas para la toma de **tiempos de servicio** en el horario de la tarde.
- Una semana para la toma de **tiempos de llegada** en el horario de la mañana.
- Una semana para la toma de **tiempos de llegada** en el horario de la tarde.

Esta distribución de la duración del muestreo se realizó considerando la participación de un solo analista y la complejidad del estudio en cuanto a las condiciones en que se tuvo que realizar.

4.3.2 Horarios de Muestreo

El horario de la tienda es de lunes a domingo de 7:30 a 23:00 horas, se consultó con los Supervisores el horario que tiene la caja rápida con el inconveniente que no tienen uno fijo, más bien, depende del tipo de contrato del cajero que seleccionen para la caja rápida, pueden ser de 4, 6 y 8 horas, por lo que lo supervisores tratan de combinarlos y abarcar el horario completo de la tienda.

La primera semana fue de observación y de involucramiento con el sistema, de tal forma que se pudo observar que el horario más frecuente en que la caja rápida estaba en funcionamiento es de 9:00 a 22:00 horas. Por lo tanto, el horario general que se eligió para el estudio por su frecuencia y accesibilidad para el analista fue de lunes a domingo de 9:00 a 22:00 horas distribuidos de la siguiente forma:

- **Horario Matutino.** De Lunes a Domingo de 9:00 a 16:00 horas.
- **Horario Vespertino.** De Lunes a Domingo de 16:00 a 22:00 horas.

Ambos horarios se eligieron tanto para la toma de tiempos de servicio como para la toma de tiempos de llegada de clientes a la caja rápida.

4.3.3 Descripción del Proceso de Toma de Tiempos

El proceso de la toma de tiempos para el presente estudio de simulación es muy sencillo pero laborioso, pues al realizar el estudio únicamente se contó con un analista y se requería de mucha atención para considerar todos los atributos que cada cliente adquiere al entrar en el proceso que a continuación se describe:

- El proceso inicia desde que el cliente entra a la caja rápida, ya sea a la línea de espera o al servicio de cobro directamente. Se toma la hora de llegada. Cronómetros en cero.
- Se procede con la toma de tiempos de servicio, iniciando con el cronómetro. En este punto se considera:
 - La cantidad de artículos por cliente.
 - La forma de pago.
 - La actividad que realiza: Sólo artículos, servicio o ambos.
 - Problemas frecuentes.
- La toma de tiempos de servicio termina cuando el cajero le entrega el cambio al cliente o en su defecto, solamente el ticket de compra. Se detiene el cronómetro.
- El proceso termina cuando el cliente toma sus cosas y sale de la caja rápida. Se toma la hora de salida.

4.3.4 Datos Obtenidos del Estudio

Se realizó el estudio de la toma de tiempos de los clientes que llegaron a la caja rápida durante seis semanas, capturando todos los datos en hojas de cálculo de Excel para facilitar su procesamiento que posteriormente servirán para la construcción del programa de simulación.

A manera de representación de la información obtenida durante este tiempo se muestra la **Tabla 4.4** que detalla una hora de toma de tiempos reales del servicio de cobro de la caja rápida; los datos que aparecen de color azul en la columna

“Número de Artículos” son aquellos clientes que compraron más de 8 artículos; para identificar fácilmente qué medio utilizaron los clientes para pagar su mercancía, en la columna “Forma de Pago” se utilizó formato de color como sigue:

- **E** – Efectivo
- **T** – Tarjeta de Crédito, Débito o Monedero
- **CH** – Cheques
- **V** – Vales

En la **Tabla 4.5** se expone una hora del tiempo de llegada real de cinco días distintos. A causa de la extensa cantidad de datos obtenidos, toda la información se podrá consultar con más detalle en el **Anexo A**.

Tabla 4.4 Datos Obtenidos de Una Hora de Toma de Tiempos del Servicio de Cobro de la Caja Rápida

TIEMPO DE SERVICIO	HORA DE SALIDA	NÚMERO DE ARTÍCULOS	FORMA DE PAGO	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
00:11.12	9:12:50	1	E		
00:34.25	9:13:40	3	E		
00:26.36	9:13:55	2	CH		
00:23.13	9:14:23	3	E		
00:15.17	9:16:33	1	E		
00:13.25	9:16:54	1	E		
00:27.47	9:20:48	0	E	RECARGA	
00:48.48	9:21:34	2	E		
00:41.15	9:22:32	0	E	RECARGA	
00:42.59	9:25:19	4	E		
01:07.78	9:26:21	10	E		CÓDIGO
00:56.62	9:29:18	1	E	RECARGA	
00:23.44	9:33:49	2	V		
00:15.38	9:35:11	2	E		
00:48.78	9:36:03	0	E	CFE	
00:23.23	9:36:31	2	E		
00:29.25	9:37:01	3	E		
03:35.25	9:41:28	15	T		
00:15.04	9:41:47	2	E		
02:14.93	9:44:38	15	E		
00:23.52	9:45:01	2	E		
00:29.00	9:45:25	2	E		
00:12.18	9:45:50	1	E		
00:32.04	9:46:47	1	E		
00:15.23	9:50:05	1	E		
00:16.43	9:50:21	1	E		
01:57.97	9:52:26	18	E		
00:22.13	9:52:34	2	E		
02:51.19	9:53:53	30	T		CÓDIGO

Tabla 4.5 Datos Obtenidos de Lunes a Viernes de Una Hora de Toma de Tiempos de Llegada al Servicio de la Caja Rápida

LUNES 02.MARZO.09	MARTES 03.MARZO.09	MIÉRCOLES 04.MARZO.09	JUEVES 05.MARZO.09	VIERNES 06.MARZO.09
9:08:05	9:10:08	9:05:01	9:16:55	9:13:21
9:11:00	9:10:19	9:05:45	9:17:25	9:17:18
9:11:45	9:12:05	9:06:22	9:29:04	9:18:27
9:20:02	9:15:20	9:06:30	9:32:05	9:20:10
9:20:08	9:19:35	9:07:46	9:35:30	9:21:59
9:20:15	9:19:58	9:13:38	9:36:13	9:22:57
9:20:17	9:21:49	9:15:35	9:36:41	9:25:01
9:22:02	9:25:50	9:15:43	9:39:23	9:25:37
9:24:38	9:34:53	9:16:10	9:39:39	9:26:40
9:24:48	9:37:33	9:16:20	9:40:05	9:27:27
9:27:29	9:38:20	9:17:00	9:45:39	9:27:37
9:29:01	9:39:45	9:18:38	9:47:02	9:33:40
9:29:32	9:41:45	9:20:18	9:48:12	9:34:38
9:31:11	9:41:47	9:20:33	9:49:01	9:36:25
9:32:43	9:42:11	9:24:28	9:50:30	9:36:44
9:34:04	9:44:14	9:25:40	9:51:32	9:38:54
9:35:29	9:44:55	9:26:10	9:51:34	9:42:27
9:36:55	9:49:00	9:26:20	9:52:30	9:44:40
9:39:57	9:51:21	9:26:46	9:52:43	9:47:25
9:40:12	9:52:14	9:27:20	9:55:36	9:49:08
9:41:36	9:53:41	9:29:50	9:57:23	9:50:40
9:43:19	9:54:24	9:32:28	9:57:28	9:51:01
9:45:11	9:55:21	9:34:42	10:00:13	9:52:10
9:45:17	9:57:05	9:34:43	10:08:29	9:52:34
9:45:26	9:58:20	9:34:47	10:09:15	9:53:04
9:45:38	9:59:07	9:38:09	10:10:15	9:55:31
9:45:40	9:59:48	9:38:15	10:11:03	9:55:33
9:46:16	10:00:40	9:38:34	10:11:16	9:55:44
9:48:22	10:02:52	9:39:48	10:17:33	9:55:51
9:49:07	10:03:58	9:40:21	10:18:28	9:56:26
9:49:21	10:05:28	9:40:38	10:21:54	9:56:52
9:49:28	10:06:53	9:41:01	10:22:21	9:58:30
9:54:44	10:07:39	9:42:08	10:22:47	9:59:29

4.3.4.1 Combinaciones y Distribuciones de Probabilidad

En la **Figura 4.3** se observan los tipos de combinaciones que se pueden obtener de los atributos definidos.

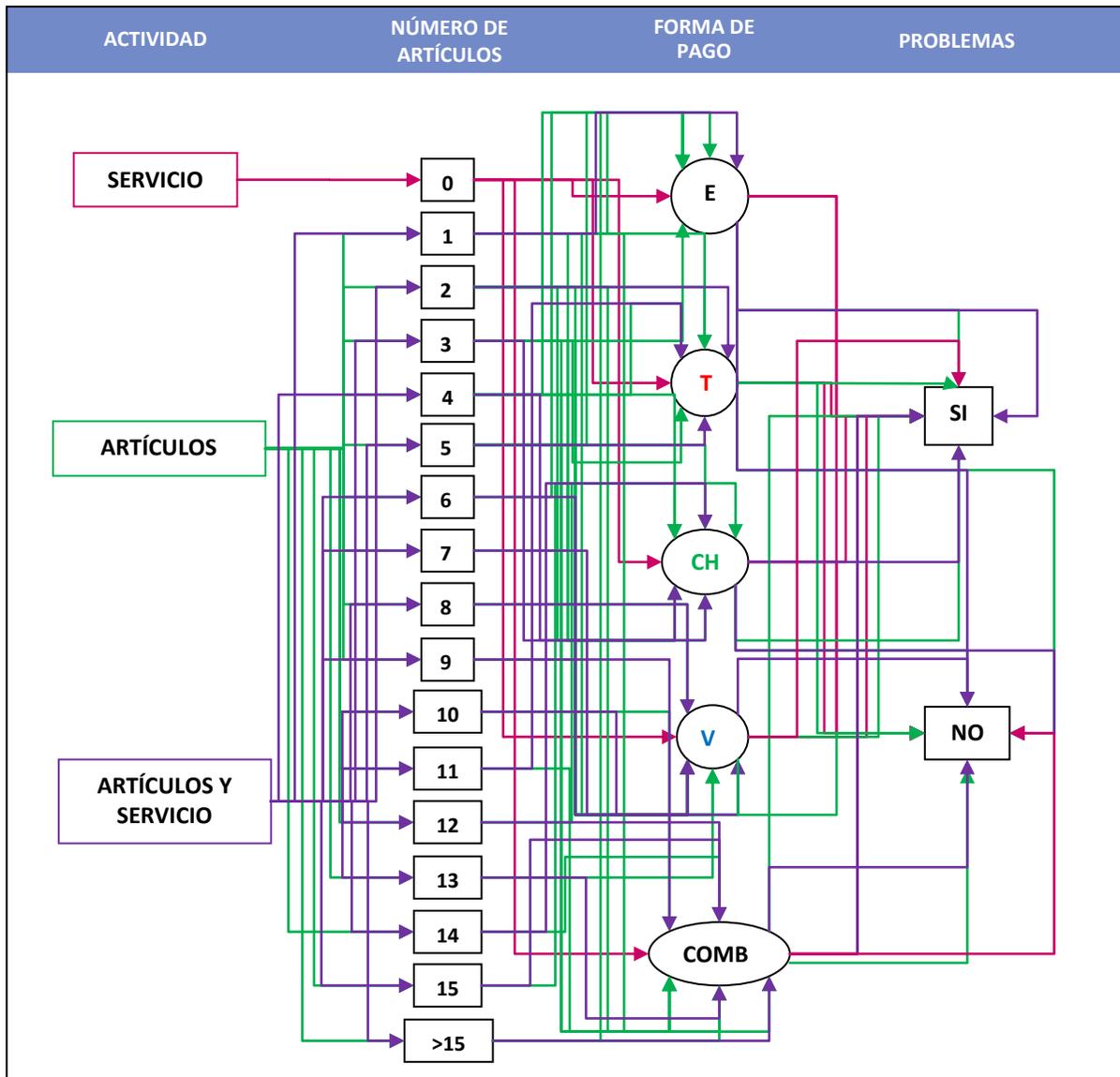


Figura 4.3 Representación de las **Combinaciones** Obtenidas de los Atributos Adquiridos por los Clientes.

Se debe de entender por Combinación a aquel conjunto de atributos o características que un cliente adquiere al entrar al sistema, este tipo de conjunto se refiere a la cantidad de artículos por cliente, la actividad que realiza, la forma de pago que efectúa y si el cliente tiene o no algún tipo de problema, el formato utilizado tanto para las combinaciones como para las distribuciones de probabilidad se describen a continuación:

- **Combinaciones (Actividad – Forma de Pago – Problemas)**

- ✓ Actividad
 - A – Pago de Artículos
 - S – Pago de Servicio
- ✓ Forma de Pago
 - E – Efectivo
 - T – Tarjeta
 - CH – Cheques
 - V – Vales
 - COMB – Combinación
- ✓ Problemas
 - S – Si
 - N – No

- **Distribuciones de Probabilidad**

- ✓ P5 – Pearson 5
- ✓ P6 – Pearson 6
- ✓ W – Weibull
- ✓ IG – InverseGaussian
- ✓ L – Log Normal
- ✓ Er - Erlang

En la **Tabla 4.6** se enlistan las combinaciones obtenidas y la Distribución de Probabilidad que les corresponde, calculadas a través del programa Stat::Fit™, una opción de ProModel® para definir Distribuciones de Probabilidad.

Tabla 4.6 Combinaciones y Distribuciones de Probabilidad

Comb ¹	Distribución	Comb	Distribución	Comb	Distribución	Comb	Distribución	Comb	Distribución
No Pagó	P6(0, 0.675, 5.32, 3.38)	A-T-N 11	P5(0, 23.1, 26.9)	A-E-N 9	IG(0, 7.27, 0.903)	A-E-S 7	P5(0, 4.89, 6.18)	A-S-T-S	EMPIRICA
S-T-N	IG(0, 7.58, 1.11)	A-T-N 12	P5(0, 8.65, 12)	A-E-N 10	G(0, 7.2, 0.126)	A-E-S 8	W(0, 2.59, 2.32)	A-S-E-N 1	P5(0, 9.88, 9.28)
S-E-N	P6(0, 0.205, 12.6, 3.58)	A-T-N 13	ER(0, 26, 0.0581)	A-E-N 11	IG(0, 9.67, 1.01)	A-E-S 9	W(0, 2.09, 1.78)	A-S-E-N 2	P6(0, 4.58, 9.86, 40.1)
S-E-S	EMPIRICA	A-T-N 14-15	P5(0, 6.82, 9.92)	A-E-N 12	G(0, 12.2, 0.0822)	A-E-S 10	P6(0, 0.1, 167, 10.9)	A-S-E-N 3	P5(0, 7.45, 10.3)
A-T-N 1	ER(0, 7, 0.0895)	A-T-N >15	P5(0, 9.37, 16.2)	A-E-N 13	ER(0, 8, 0.154)	A-E-S 11-14	P6(0, 0.492, 16.8, 5.35)	A-S-E-N 4	G(0, 4.64, 0.211)
A-T-N 2	P5(0, 7.76, 5.06)	A-T-S	P6(0, 0.13, 38.3, 3.06)	A-E-N 14	P5(0, 10.6, 11.2)	A-E-S 15	IG(0, 6.15, 1.76)	A-S-E-N 5	IG(0, 10.6, 1.45)
A-T-N 3	P6(0, 0.549, 23.8, 16.9)	A-E-N 1	P5(5.72, 1.57)	A-E-N 15	P6(0, 0.511, 21.7, 9.35)	A-E-S >15	P5(0, 2.5, 4.63)	A-S-E-N 6	EMPIRICA
A-T-N 4	P5(0, 9.38, 7.21)	A-E-N 2	P6(0, 0.137, 25.7, 9.02)	A-E-N >15	P6(0, 4.17, 8.39, 23.6)	A-V-N	W(0, 1.78, 1.82)	A-S-E-N 7	P5(0, 3.48, 5.52)
A-T-N 5	P5(0, 9.87, 7.96)	A-E-N 3	P6(0, 0.106, 41.9, 9.67)	A-E-S 1	W(0, 1.64, 0.827)	A-V-S	EMPIRICA	A-S-E-N 8-15	P5(0, 3.48, 5.52)
A-T-N 6	P5(0, 6.92, 6.68)	A-E-N 4	P5(0, 6.86, 3.6)	A-E-S 2	ER(0, 3, 0.359)	A-CH-N, S	P6(0, 1.7, 18.2, 13.5)	A-S-E-S	P5(0, 5.05, 11)
A-T-N 7	W(0, 3.13, 1.34)	A-E-N 5	P6(0, 3.52, 10.4, 57.2)	A-E-S 3	W(0, 1.83, 1.34)	A-COMB-N 1-15	W(0, 2.71, 1.53)	A-S-COMB-N	IG(0, 11.2, 2.45)
A-T-N 8	P5(0, 15.4, 16.4)	A-E-N 6	P6(0, 0.0178, 252, 6.92)	A-E-S 4	P5(0, 4.27, 4.53)	A-COMB-N >15	W(0, 4.72, 2.47)	A-S-COM-S	EMPIRICA
A-T-N 9	P6(0, 1.11, 25.2, 22.8)	A-E-N 7	IG(0, 6.44, 0.82)	A-E-S 5	L(0, 0.107, 0.437)	A-COMB-S	P6(0, 3.34, 10.8, 17.1)		
A-T-N 10	P5(0, 6.8, 7.48)	A-E-N 8	P5(0, 7.21, 5.6)	A-E-S 6	P6(0, 0.0157, 218, 3.5)	A-S-T-N	P5(0, 6.97, 12.3)		

En el **Anexo B** se pueden consultar los datos que se incluyeron para la creación de las combinaciones.

¹Comb = Combinación

Capítulo 5

Modelo de Simulación



5.1 Construcción del Modelo de Simulación

El proceso que se llevó a cabo para la creación del modelo de simulación se basa en los eventos anteriormente mencionados, al mismo tiempo que en el horario de servicio de la caja rápida. Estos eventos son:

- Llegada de un cliente a la caja
- Espera por el servicio de cobro
- Inicio del servicio de cobro
- Fin del servicio de cobro
- Salida del Sistema

Con los datos obtenidos en el capítulo anterior, se codificará el modelo mediante el lenguaje de simulación elegido. El lenguaje seleccionado es ProModel® y se basa en los siguientes componentes para la construcción del modelo.

Locaciones

Las locaciones son lugares en el sistema donde las entidades, es decir, los clientes, serán enviados para realizar alguna actividad. Estas son las siguientes:

- **Llegada.** Representa la llegada de los clientes a la caja rápida; en esta locación se asignarán ciertos atributos a todos los clientes que pasen por ella que serán los que definan el tiempo que tardan en el servicio dentro del sistema.
- **Espera.** Simboliza la línea de espera por el servicio de la caja rápida e indica la cantidad de clientes que se encuentran en ella.

- **Cajera.** En esta locación los clientes son procesados, es decir, pasan al servicio de cobro y se les asigna un tiempo de servicio de acuerdo a los atributos que posean.

En la **Figura 5.1** se aprecian las locaciones del sistema definidas para el programa de simulación.



Figura 5.1 Locaciones Definidas para el Modelo de Simulación

Entidades

Las entidades de este sistema serán los clientes, quienes portarán consigo atributos que los harán diferentes unos de otros y que determinarán el tiempo que cada cliente pasa dentro del sistema.

En la **Figura 5.2** que se muestra a continuación, se aprecia la representación de los clientes en forma de entidades que se utilizaron dentro del programa de simulación.



Figura 5.2 Entidades del Sistema de Simulación.

Llegadas (Arrivals)

Este elemento de ProModel[®] indica con qué frecuencia llegan los clientes a la caja rápida; se basa en distribuciones de probabilidad y en la estructura de programación IF – THEN – ELSE las cuales se utilizan para crear una sentencia que represente las condiciones de las llegadas al sistema. Los componentes de “Llegadas” quedan de la siguiente forma:

- **Frecuency.** Es el tiempo entre llegadas que se representan con una distribución de probabilidad o bien, se llama a alguna sentencia que cumpla con las condiciones. En este caso, se convoca a la subrutina TLLEG(CALDAY(), CALHOUR()) que se basa en el calendario, hora y fecha, para ejecutar la subrutina que posteriormente se explicará.
- **QtyEach.** Es la cantidad de clientes que llegan al mismo tiempo; se llama a la subrutina LLEG(CALDAY(), CALHOUR()) que determinará si llega un cliente o no, de acuerdo a las condiciones establecidas.
- **Ocurrences.** Se refiere a la cantidad de llegadas al sistema. En la casilla de Ocurrences se coloca INF (infinito) pues no se sabe con certeza qué cantidad de clientes llegarán a la tienda.

- **First Time.** En esta casilla se especifica la fecha y la hora en que el primer cliente llegará a la tienda, es decir, que entrará al sistema y dará inicio al proceso de servicio.

Atributos

Los atributos son características propias de cada entidad que los diferencia unos de otros; son asignados automáticamente cuando las entidades pasan por la locación "Llegada". Los atributos que se definieron para el programa de simulación son los siguientes:

- **ART.** Indica el número de artículos que lleva cada cliente y se asigna a través de una Función Definida por el Usuario que será especificada en el siguiente punto. El valor de ART va desde 0 hasta 16, donde 0 indica la ausencia de artículos y 16 señala cualquier cantidad mayor a 15 artículos.
- **ACT.** Señala qué actividad llega a realizar el cliente y al igual que ART, es definida a través de una Función Definida por el Usuario; su valor va desde 0 hasta 2, donde:
 - 0 indica que el cliente realiza pagos de artículos solamente.
 - 1 indica que el cliente realiza pagos de servicios únicamente.
 - 2 indica que el cliente realiza pagos de ambos tipos de servicios, tanto de artículos como de servicios.
- **PROB.** Este atributo muestra la presencia de algún tipo de problema sin especificar de qué tipo se trata, solamente señala si lo tiene o no. Toma valores de 1 y 2 para puntualizar si existen o no problemas respectivamente, y al igual que los demás atributos, se asigna de acuerdo a una Función Definida por el Usuario.

- **PAGO.** Esta característica indica la forma de pago de cada cliente tomando valores desde 1 hasta 6, donde cada valor corresponde a:
 - 1 – Efectivo
 - 2 – Tarjeta de Crédito, Débito o Monedero
 - 3 – Cheques
 - 4 – Vales
 - 5 – Alguna combinación de cualquiera de las anteriores, por ejemplo, un cliente que paga una parte de la cuenta con Tarjeta de Crédito y la otra con Efectivo.
 - 6 – No pagó. Esto se debe a algún tipo de inconveniente como cancelación, anulación de cuenta o arrepentimiento del cliente.

- **T1.** Indica la hora de llegada del cliente al sistema y que ayudará más adelante a especificar el tiempo que tardaron los clientes dentro de él.

Funciones Definidas por el Usuario

Este tipo de funciones se utilizan en ProModel[®] en aquellas ocasiones en que no se pudo definir una Distribución de Probabilidad, pues la cantidad de datos es insuficiente para generarla, entonces se hace uso de las Distribuciones Empíricas que se representan mediante tablas que tiene los valores que se asignarán, en este caso a los atributos, y la probabilidad de que ocurran.

En esta sección se presentan las Distribuciones Definidas por el Usuario que se delimitaron para efectos de esta investigación y que se utilizaron para asignarles valores a los atributos del Modelo de Simulación. De la **Tabla 5.1** a **5.4** se presentan las Distribuciones Empíricas que se utilizaron para el modelo de simulación. En el título de cada tabla se muestra primero el nombre que se empleó para las distribuciones, seguido de su descripción.

Tabla 5.1 ARTI. Distribución Definida por el Usuario para Indicar el Número de Artículos por Cliente

No. Artículos	Frecuencia	Probabilidad
1	1427	19.72%
2	1255	17.34%
3	986	13.62%
4	728	10.06%
5	592	8.18%
6	409	5.65%
7	375	5.18%
8	343	4.74%
9	243	3.36%
10	166	2.29%
11	108	1.49%
12	117	1.62%
13	83	1.15%
14	56	0.77%
15	78	1.08%
>15	272	3.76%
Total	7238	100.00%

Tabla 5.2 ACTI. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Actividad Realizada por el Cliente

Actividad	Frecuencia	Probabilidad
Servicio	332	4.39%
Artículos	7018	92.70%
Ambos	221	2.92%
Total	7571	100.00%

Tabla 5.3 PAGOS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Forma de Pago de Cada Cliente

Forma de Pago	Frecuencia	Probabilidad
E	6768	89.41%
T	655	8.65%
CH	10	0.13%
V	33	0.44%
Combinación	91	1.20%
No Pagaron	13	0.17%
Total	7570	100.00%

Tabla 5.4 PROBL. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Existencia de Algún Problema

Problemas	Frecuencia	Probabilidad
Si	558	7.37%
No	7013	92.63%
Total	7571	100.00%

De la **Tabla 5.5** a **5.9** se presentan las Distribuciones Empíricas que se utilizaron para definir el proceso del modelo de simulación debido a que no en todas las combinaciones de atributos se pudo definir una Distribución de Probabilidad. En el título de la tabla se muestra primero el nombre que se usó para la Distribución Empírica seguido de su descripción.

Tabla 5.5 AVS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Artículos – Vales – Con Problemas

AVS (Artículos – Vales – Con Problemas)		
Tiempo (min)	Frecuencia	Frecuencia Relativa
1.5035	1	16.67%
1.9745	1	16.67%
2.078333333	1	16.67%
2.809	1	16.67%
3.2705	1	16.67%
4.760166667	1	16.67%

Tabla 5.6 SES. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Servicio – Efectivo – Con Problemas

SES (Servicio – Efectivo – Con Problemas)		
Tiempo (min)	Frecuencia	Frecuencia Relativa
0.58433333	1	11.11%
0.77866667	1	11.11%
0.80616667	1	11.11%
0.90633333	1	11.11%
1.07416667	1	11.11%
1.76733333	1	11.11%
1.902	1	11.11%
2.30883333	1	11.11%
2.96533333	1	11.11%

Tabla 5.7 ASTS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Artículos – Servicio – Tarjeta – Con Problemas

ASTS (Artículos – Servicio – Tarjeta – Con Problemas)		
Tiempo (min)	Frecuencia	Frecuencia Relativa
2.37033333	1	50.00%
2.74666667	1	50.00%

Tabla 5.8 ASCOMBS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Artículos – Servicio – Combinación – Con Problemas

ASCOMBS (Artículos – Servicio – Combinación – Con Problemas)		
Tiempo (min)	Frecuencia	Frecuencia Relativa
1.581	1	50.00%
3.044	1	50.00%

Tabla 5.9 ASEN. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Combinación de Artículos – Servicio – Efectivo – Sin Problemas

ASEN (Artículos – Servicio – Efectivo – Con Problemas)		
Tiempo (min)	Frecuencia	Frecuencia Relativa
0.986833333	1	20.00%
1.128333333	1	20.00%
1.21	1	20.00%
1.652666667	1	20.00%
2.358333333	1	20.00%

Variables Globales

Las variables globales – también llamadas auxiliares -- dentro del programa de simulación, ayudarán a identificar el tipo de atributo que se les asigna a los clientes cuando pasan por la locación "Llegada" y el tiempo que tardan dentro del sistema, además, cuentan con un gráfico (ver **Figura 5.3**) donde se visualiza el valor adquirido de cada atributo. El nombre que se manejó para los mismos son:

- **AUX.** Representa la actividad y la forma de pago de los clientes.
- **AUX_2.** Indica si tuvieron algún problema o no.
- **T2 / T3 / T4.** Determinan el tiempo que los clientes estuvieron dentro del sistema.



Figura 5.3 Auxiliares Utilizados en el Programa de Simulación

Cabe mencionar que los auxiliares fueron de gran ayuda, porque como indican el valor del atributo adquirido, demuestran que la programación del modelo en la locación "Llegada" es correcta, pues no deben tomar otro valor que no sea el indicado en la programación del proceso.

Subrutinas

La subrutina es una porción de código que forma parte de un programa más grande. Esta porción de código realiza una tarea específica, relativamente independiente del resto del código. En este caso, se formularon dos subrutinas para controlar las llegadas de los clientes a la tienda. Una se definió para Frecuency y la otra para QtyEach de "Llegadas" o Arrivals.

La primera subrutina se llama TLLEG e indica el tiempo entre llegadas de los clientes; la segunda se llama LLEG y determina el acceso de los clientes a la tienda según el horario de ésta; ambas cuentan con dos parámetros, D1 y H1, indican el día de la semana y la hora respectivamente. La programación de ambas subrutinas se detalla a continuación:

- **Programación de la Subrutina TLLEG:**

```
IF D1=1 AND H1>=9 AND H1<15 THEN {RETURN W(0.936, 0.928)}
ELSE {IF D1=1 AND H1>=16 AND H1<=21 THEN {RETURN P6(1.14, 4.78, 3.65)}
ELSE {IF D1=2 AND H1>=9 AND H1<15 THEN {RETURN B(0.961, 6.93, 0, 9.05)}
ELSE {IF D1=2 AND H1>=16 AND H1<=21 THEN {RETURN B(0.951, 7.08, 0, 8.55)}
ELSE {IF D1=3 AND H1>=9 AND H1<15 THEN {RETURN W(0.977, 0.879)}
ELSE {IF D1=3 AND H1>=16 AND H1<=21 THEN {RETURN P6(1.29, 6.47, 5.48)}
ELSE {IF D1=4 AND H1>=9 AND H1<15 THEN {RETURN P6(1.08, 10, 10.7)}
ELSE {IF D1=4 AND H1>=16 AND H1<=21 THEN {RETURN E(0.934)}
ELSE {IF D1=5 AND H1>=9 AND H1<15 THEN {RETURN W(0.981, 1.03)}
ELSE {IF D1=5 AND H1>=16 AND H1<=21 THEN {RETURN G(1.08, 0.913)}
ELSE {IF D1=6 AND H1>=9 AND H1<15 THEN {RETURN P6(1.04, 4.27, 3.4)}
ELSE {IF D1=6 AND H1>=16 AND H1<=21 THEN {RETURN E(1.04)}
ELSE {IF D1=7 AND H1>=9 AND H1<15 THEN {RETURN G(0.937, 1.19)}
ELSE {IF D1=7 AND H1>=16 AND H1<=21 THEN {RETURN P6(1.74, 3.53, 1.52)}
ELSE {RETURN 10}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}
```

- **Programación de la Subrutina LLEG:**

```
IF D1>=1 AND D1<=7 AND H1>=9 AND H1<=21 THEN {RETURN 1}  
ELSE {RETURN 0}
```

Proceso

El proceso representa las actividades que se realizan en cada locación dentro del modelo de simulación y se utilizará para conocer la ruta que el cliente sigue al entrar al sistema.

Cuando un cliente entra a "Llegada" se le asigna un conjunto de atributos, pasa a "Espera" y ahí espera el tiempo necesario hasta distinguir que "Cajera" está desocupada (en condiciones normales), o bien, pasa directamente a "Cajera" a ser atendido. Una vez que termina en "Cajera", el cliente sale del sistema.

En la **Figura 5.4** se muestra el proceso que sigue una entidad en el sistema dentro del programa de simulación.

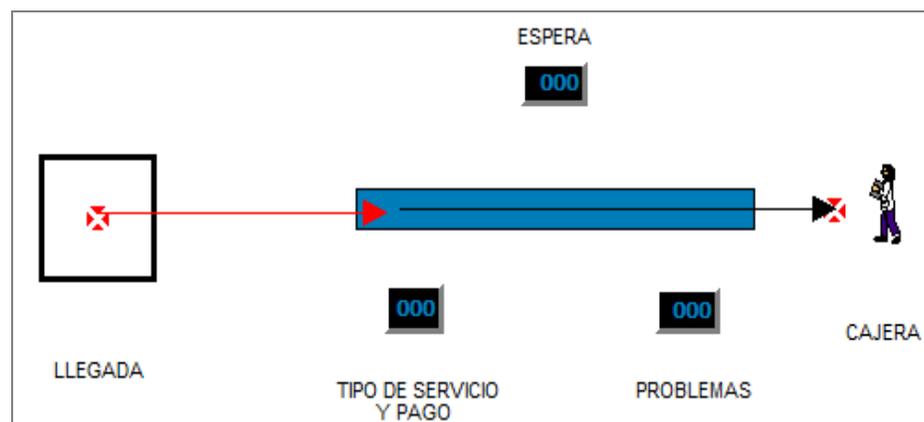


Figura 5.4 Proceso del Modelo de Simulación

La programación que se le asignó a "Llegada" y a "Cajera" para determinar el tiempo de servicio y el tiempo dentro del sistema, se estableció tomando en cuenta las combinaciones de atributos que cada cliente adquiere al llegar al sistema, así como las distribuciones de probabilidad que les corresponden. La programación para estas dos locaciones es la siguiente:

- **Programación para la locación "Llegada"**

```
T1=CLOCK(MIN)
AUX=ACTI()
IF AUX=0 THEN
{
ACT=1
ART=0
PAGO=PSERV()
}
ELSE
{
IF AUX=1 THEN
{
ACT=0
ART=ARTI()
PAGO=PART()
}
ELSE
{
ACT=1
ART=ARTI()
PAGO=PAMB()
}
}
AUX2=PROBL()
IF AUX2=1 THEN
{
PROB=1
}
ELSE
{
PROB=0
}
```

▪ Programación para la locación "Cajera"

T2=CLOCK(MIN)-T1

```
IF ART=0 AND ACT=1 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(7.58, 1.11)}
ELSE {IF ART=0 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(12.6, 3.58, 0.205)}
ELSE {IF ART=0 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT SES()}}
ELSE {IF ART=1 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT ER(0.0895, 7)}
ELSE {IF ART=2 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(7.76, 5.06)}
ELSE {IF ART=3 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(23.8, 16.9, 0.549)}
ELSE {IF ART=4 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(9.38, 7.21)}
ELSE {IF ART=5 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(9.87, 7.96)}
ELSE {IF ART=6 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(6.92, 6.68)}
ELSE {IF ART=7 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT W(3.13, 1.34)}
ELSE {IF ART=8 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(15.4, 16.4)}
ELSE {IF ART=9 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(25.2, 22.8, 1.11)}
ELSE {IF ART=10 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(6.8, 7.48)}
ELSE {IF ART=11 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(23.1, 26.9)}
ELSE {IF ART=12 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(8.65, 12)}
ELSE {IF ART=13 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT ER(0.0581, 26)}
ELSE {IF ART>=14 AND ART<=15 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(6.82, 9.92)}
ELSE {IF ART>15 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(9.37, 16.2)}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=1 THEN {WAIT P6(38.3, 3.06, 0.13)}
ELSE {IF ART=1 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(5.72, 1.57)}
ELSE {IF ART=2 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(25.7, 9.02, 0.137)}
ELSE {IF ART=3 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(41.9, 9.67, 0.106)}
ELSE {IF ART=4 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(6.86, 3.6)}
ELSE {IF ART=5 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(10.4, 57.2, 3.52)}
ELSE {IF ART=6 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(252, 6.92, 0.0178)}
ELSE {IF ART=7 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(6.44, 0.82)}
ELSE {IF ART=8 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(7.21, 5.6)}
ELSE {IF ART=9 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(7.27, 0.903)}
ELSE {IF ART=10 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT G(7.2, 0.126)}
ELSE {IF ART=11 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(9.67, 1.01)}
ELSE {IF ART=12 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT G(12.2, 0.0822)}
ELSE {IF ART=13 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT ER(0.154, 8)}
ELSE {IF ART=14 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(10.6, 11.2)}
ELSE {IF ART=15 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(21.7, 9.35, 0.511)}
ELSE {IF ART>15 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(8.39, 23.6, 4.17)}
ELSE {IF ART=1 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT W(1.64, 0.827)}
ELSE {IF ART=2 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT ER(0.359, 3)}
```



```
ELSE {IF ART=3 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT W(1.83, 1.34)}
ELSE {IF ART=4 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT P5(4.27, 4.53)}
ELSE {IF ART=5 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT L(0.107, 0.437)}
ELSE {IF ART=6 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT P6(218, 3.5, 0.0157)}
ELSE {IF ART=7 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT P5(4.89, 6.18)}
ELSE {IF ART=8 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT W(2.59, 2.32)}
ELSE {IF ART=9 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT W(2.09, 1.78)}
ELSE {IF ART=10 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT P6(167, 10.9, 0.1)}
ELSE {IF ART>=11 AND ART<=14 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT P6(16.8, 5.35,
0.492)}
ELSE {IF ART=15 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT IG(6.15, 1.76)}
ELSE {IF ART>15 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT P5(2.5, 4.63)}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=0 AND PAGO=4 AND PROB=0 THEN {WAIT W(1.78, 1.82)}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=0 AND PAGO=4 AND PROB=1 THEN {WAIT AVS()}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=0 AND PAGO=3 AND PROB>=1 THEN {WAIT P6(18.2, 13.5, 1.7)}
ELSE {IF ART>=1 AND ART<=15 AND ACT=0 AND PAGO=5 AND PROB=0 THEN {WAIT W(2.71, 1.53) }
ELSE {IF ART>15 AND ACT=0 AND PAGO=5 AND PROB=0 THEN {WAIT W(4.72, 2.47)}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=0 AND PAGO=5 AND PROB=1 THEN {WAIT P6(10.8, 17.1, 3.34)}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=1 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(6.97, 12.3)}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=1 AND PAGO=2 AND PROB=1 THEN {WAIT ASTS()}
ELSE {IF ART=1 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(9.88, 9.28)}
ELSE {IF ART=2 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(9.86, 40.1, 4.58)}
ELSE {IF ART=3 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(7.45, 10.3)}
ELSE {IF ART=4 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT G(4.64, 0.211)}
ELSE {IF ART=5 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(10.6, 1.45)}
ELSE {IF ART=6 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT ASEN()}
ELSE {IF ART=7 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(3.48, 5.52)}
ELSE {IF ART>=8 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(154, 7.12, 0.0673)}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT P5(5.05, 11)}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=1 AND PAGO=5 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(11.2, 2.45)}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=1 AND PAGO=5 AND PROB=1 THEN {WAIT ASCOMBS()}
ELSE {WAIT P6(5.32, 3.38, 0.675)}}}
```

En la **Figura 5.5** se muestra el modelo de simulación terminado, donde se incluye toda la información antes descrita y que se apreciará al momento de correr el programa en el **Anexo C**.

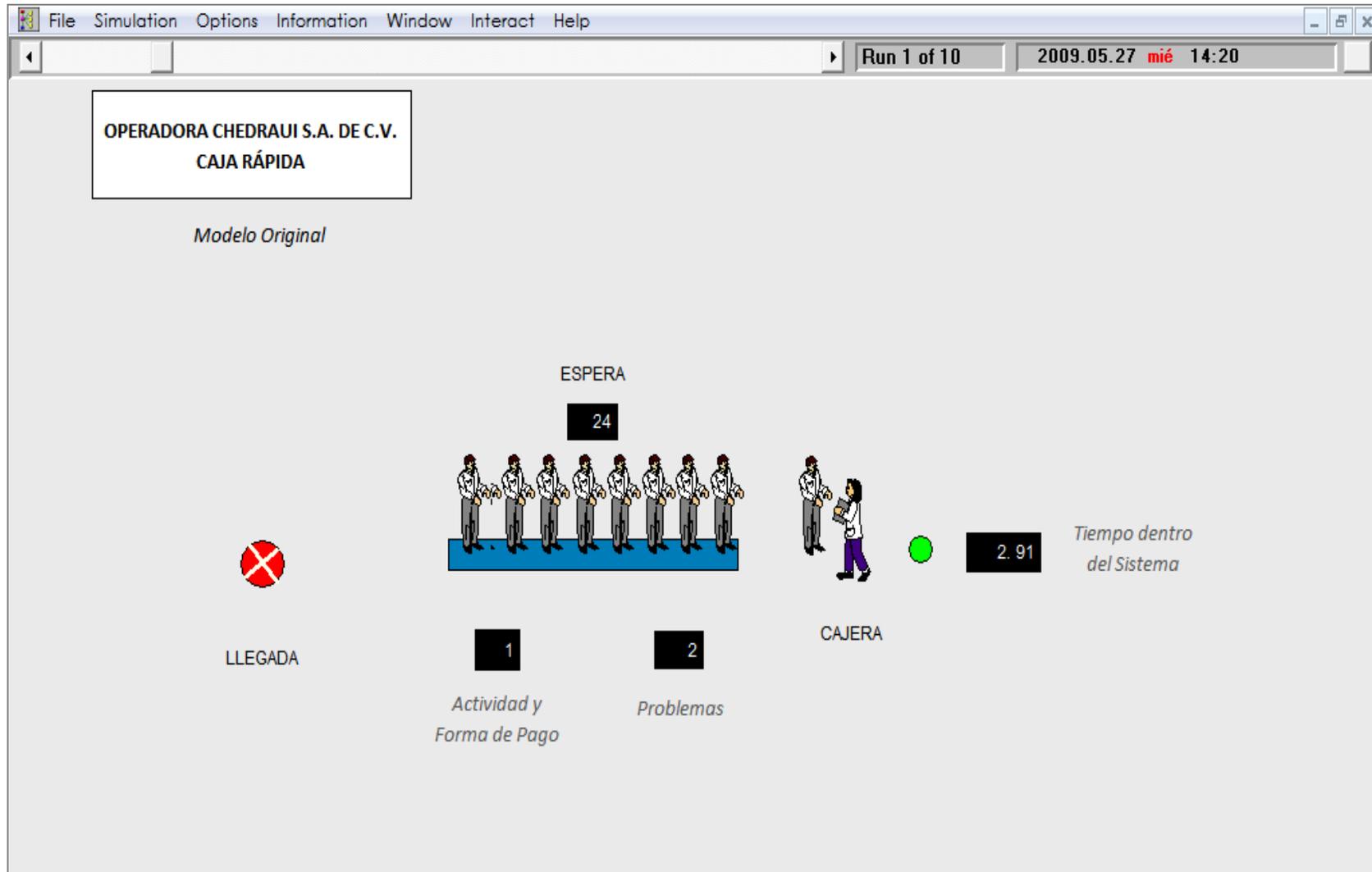


Figura 5.5 Modelo de Simulación Terminado

5.2 Verificación y Validación del Modelo de Simulación

En este punto se debe comprobar que el modelo de simulación planteado es representativo del sistema real, realizando 10 corridas piloto que servirán para comparar los resultados simulados con los reales; esto es con la finalidad de saber si el modelo planteado es representativo del sistema real, como expectativa sería, si los resultados que se obtienen en las diferentes corridas son confiables.

Para la validación del modelo, se utilizó el programa Statgraphics donde los resultados tanto de la simulación como los datos reales se compararán mediante una prueba estadística, la prueba T pareada. Esta prueba consiste en comparar ambas muestras y determinar si son estadísticamente iguales, de ser así, el modelo se valida, de lo contrario, se rechaza.

La comparación de muestras se realizó tomando en cuenta el tiempo entre llegadas de los clientes por día y el tiempo de servicio de la caja rápida. Se utilizó un nivel de confianza del 99% aplicando la comparación de muestras pareadas. En las siguientes figuras se exponen los resultados de las comparaciones como sigue:

- Llegadas Lunes Simulado contra Llegadas Lunes Real
- Llegadas Martes Simulado contra Llegadas Martes Real
- Llegadas Miércoles Simulado contra Llegadas Miércoles Real
- Llegadas Jueves Simulado contra Llegadas Jueves Real
- Llegadas Viernes Simulado contra Llegadas Viernes Real
- Llegadas Sábado Simulado contra Llegadas Sábado Real
- Llegadas Domingo Simulado contra Llegadas Domingo Real
- Tiempo de Servicio Simulado contra Tiempo de Servicio Real

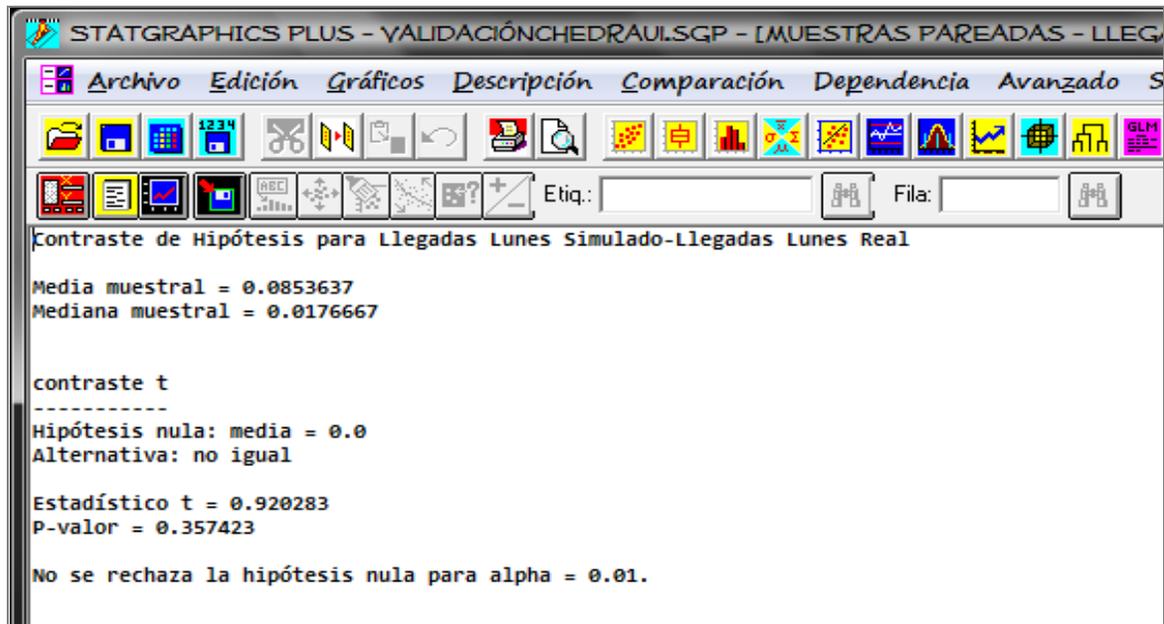


Figura 5.6 Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Lunes

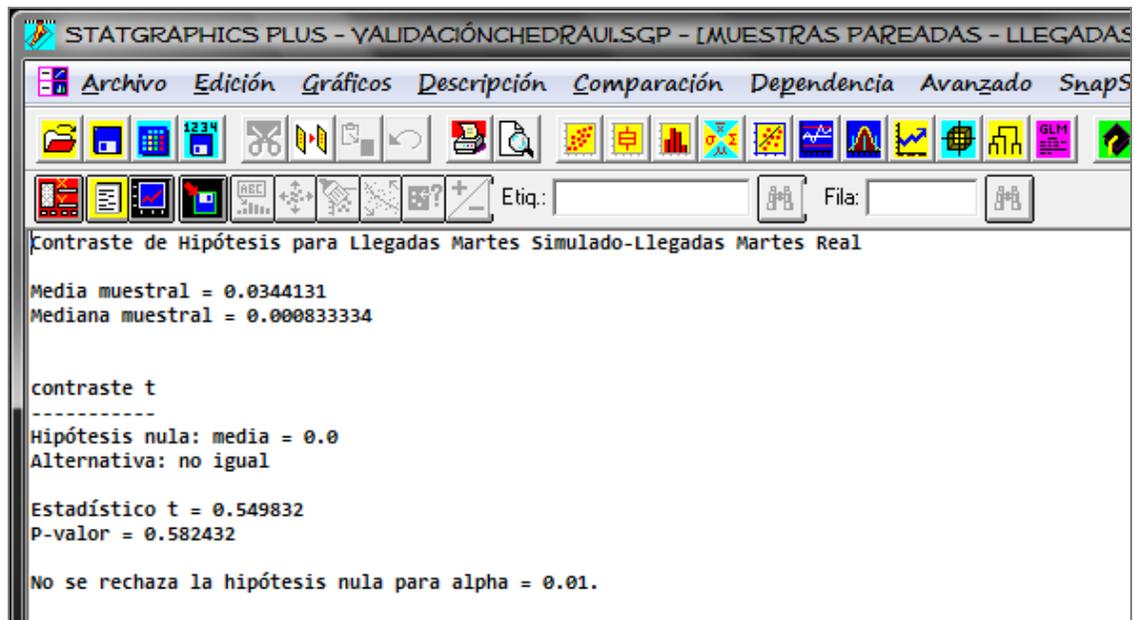


Figura 5.7 Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Martes

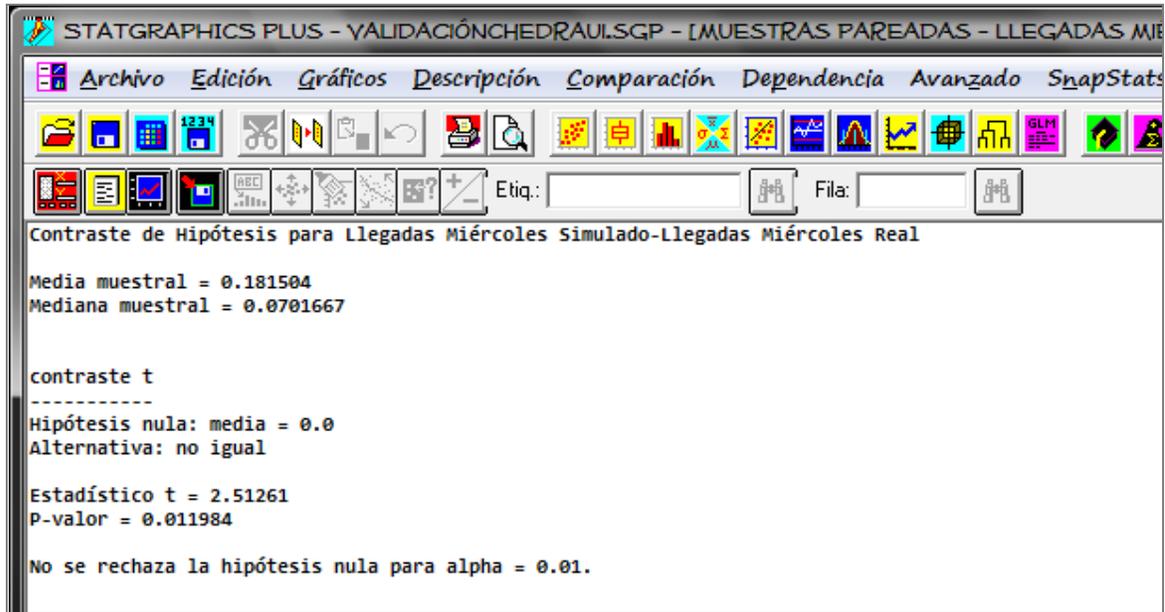


Figura 5.8 Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Miércoles

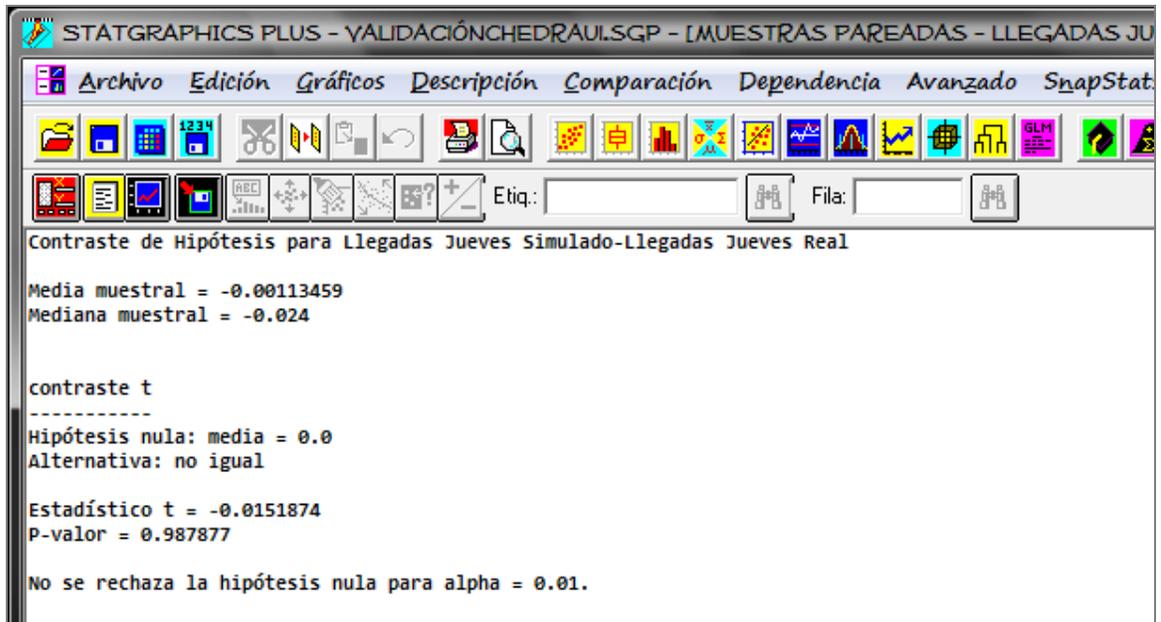


Figura 5.9 Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Jueves

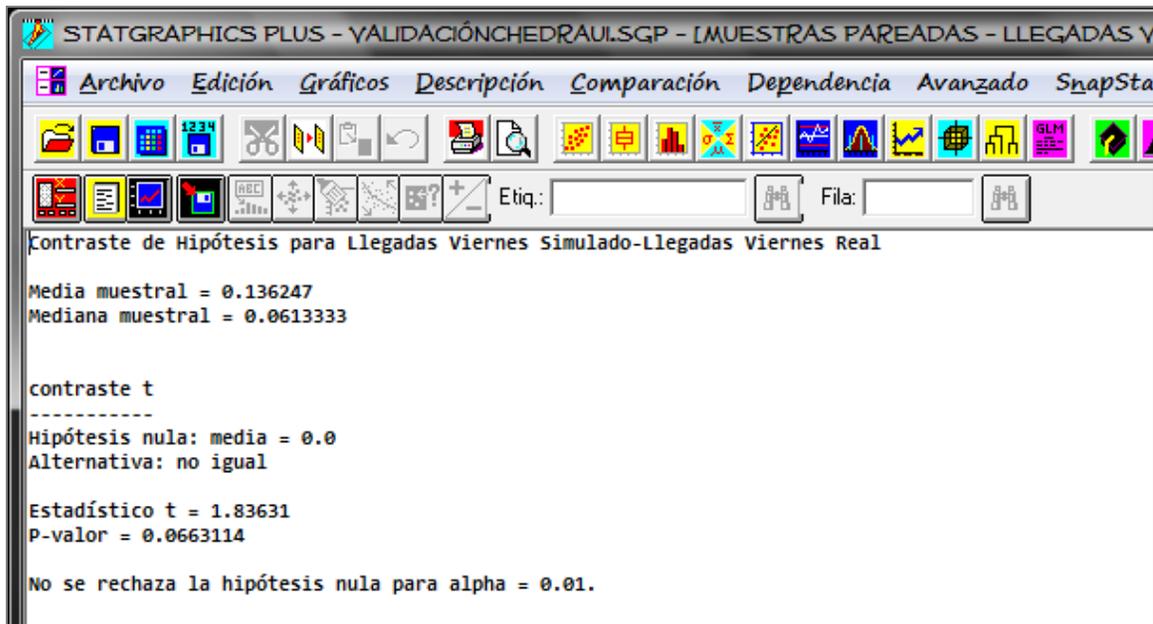


Figura 5.10 Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Viernes

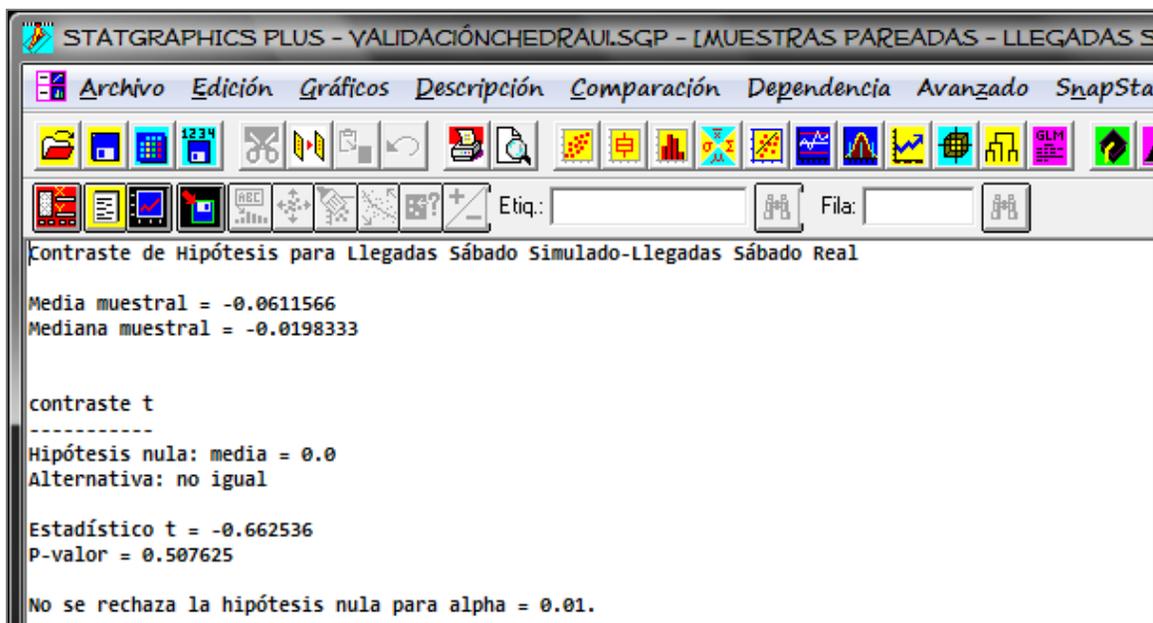


Figura 5.11 Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Sábado

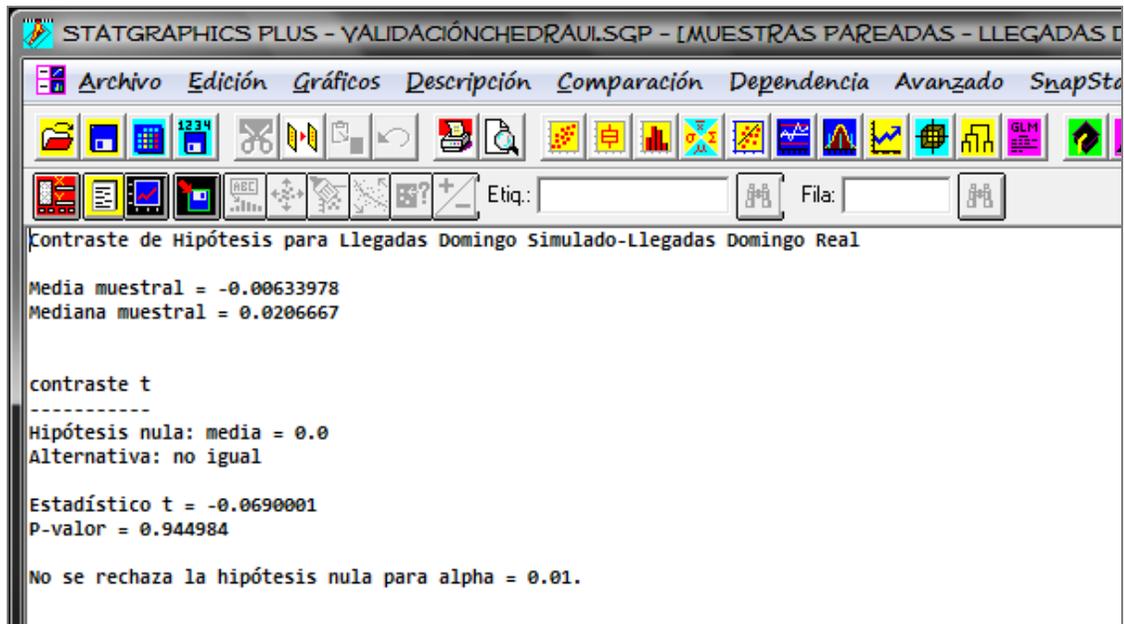


Figura 5.12 Validación del Tiempo entre Llegadas del Día Domingo

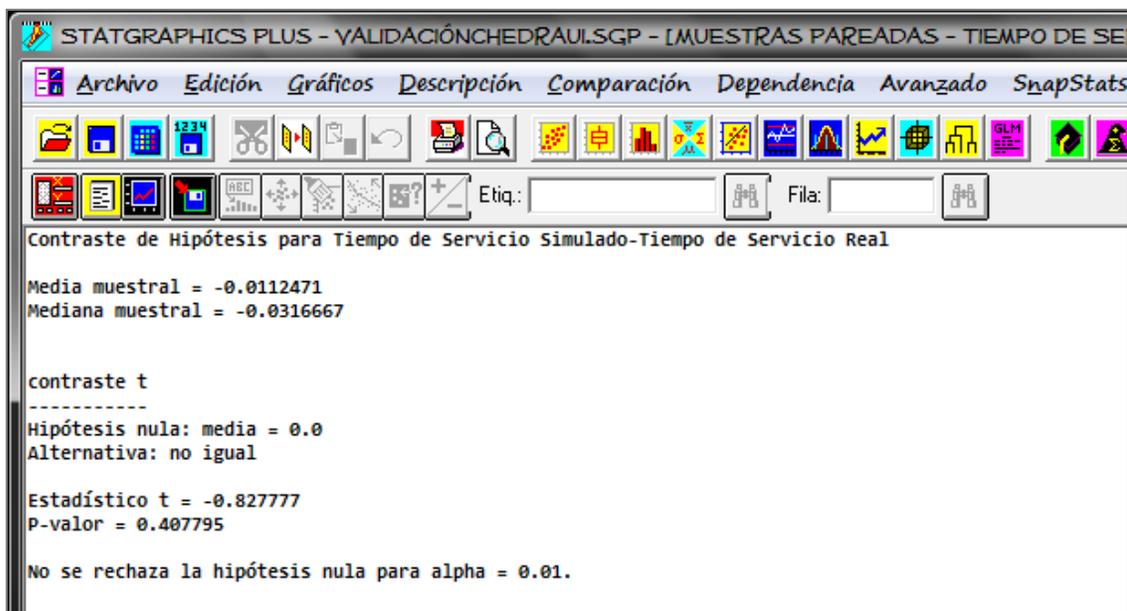


Figura 5.13 Validación del Tiempo de Servicio

A través de la observación, la experiencia adquirida durante el proceso de toma de tiempos y los resultados obtenidos de las comparaciones de las muestras, se confirma que el modelo de simulación planteado es válido y representativo del sistema real, en otras palabras, los resultados que se obtengan de él serán confiables. Los datos que se incluyeron en la validación se pueden consultar en el **Anexo D**.

5.3 Diseño de Experimentos

El diseño de experimentos se utiliza para determinar el número de réplicas para cada alternativa, así como sus condiciones iniciales y el tiempo de cada corrida. El número de réplicas para cada alternativa se calcula por medio de la siguiente fórmula²:

$$n(\beta) = \text{MIN} \{i \geq n: t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{(S^2/i)} \leq \beta\}$$

Donde:

$n(\beta)$ = Número de Réplicas con Valor Absoluto

β = Error Absoluto Permisible

$1 - \alpha$ = Nivel de Confianza

S^2 = Varianza (de la variable demandada)

Los datos que se emplearon para determinar el número de réplicas para las diferentes alternativas se obtuvieron de las 10 corridas de prueba que se hicieron anteriormente. La variable demandada que se utiliza para el estudio será el tiempo de servicio y ayudará a encontrar el número de réplicas necesarias.

²Law, A. M., Kelton W. D. (1982). *Simulation Modeling and Analysis*. México: McGraw-Hill

De las 10 corridas de prueba se obtuvieron 48,584 tiempos de servicio diferentes en una semana de simulación. La varianza de estos datos es de 0.419723195 con una media de 0.740059504 que se tomará como error absoluto permisible. El valor inicial de n será de 10 corridas, posteriormente se irá aumentando o disminuyendo su valor en 1 hasta encontrar un valor que sea menor o igual que el error absoluto permisible. Sustituyendo los valores en la fórmula, queda de la siguiente forma:

$$n(\beta) = ?$$

$$\beta = 0.740059504$$

$$\alpha = 0.05$$

$$S^2 = 0.419723195$$

$$n(\beta) = \text{MIN} \left\{ 6 \geq n: t_{6-1, 1-0.05/2} \sqrt{[(0.419723195)^2/6]} \leq 0.740059504 \right\}$$

$$n(\beta) = \text{MIN} \{ 6 \geq n: t_{5, 0.975} (0.171351277) \leq 0.740059504 \}$$

$$n(\beta) = \text{MIN} \{ 6 \geq (2.570581835)(0.171351277) \leq 0.740059504 \}$$

$$n(\beta) = \text{MIN} \{ 6 \geq 0.679887872 \leq 0.740059504 \}$$

$$n(\beta) = 6$$

El resultado que se obtuvo al aplicar estos datos es de 6 réplicas para cada alternativa, pero para efectos de confiabilidad, el número de corridas se dejará en 10 para cada una.

Las condiciones iniciales para cada alternativa serán las mismas que en el modelo original, la caja rápida empezará el servicio a las 9:00 horas y terminará a las 22:00 horas de lunes a domingo. La simulación tendrá una duración de siete días comenzando el día 25 de Mayo de 2009 a las 9:00 horas y terminando el 31 de Mayo de 2009 a las 22:00.



Todos los cálculos efectuados para la obtención de los datos que se utilizaron en la fórmula anterior para calcular el número de réplicas de simulación para cada alternativa se pueden consultar en el **Anexo F**.

Capítulo 6

Propuestas



6.1 Propuesta 1. Restricciones. Únicamente 8 Artículos

6.1.1 Objetivo

La finalidad de esta propuesta es fomentar en los clientes el valor del respeto hacia la condición del límite de artículos permitidos en la caja rápida y cultivar en ellos el hábito de condescendencia con aquellos clientes que sí la respetan.

6.1.2 Resultados Previstos

Los resultados que se esperan obtener de esta propuesta es la creación de una cultura de respeto por parte de los clientes, de tal forma, que poco a poco vayan llegando a la caja rápida sólo aquellas personas que lleven como máximo 8 artículos y por consiguiente, el tiempo de espera por el servicio disminuya al igual que el número de clientes en la línea; habrá menos cola, un tiempo de espera mínimo y más clientes satisfechos.

6.1.3 Actividades

La responsabilidad dependerá principalmente del cliente que es el primero que tendrá que respetar esta limitante y entender que es para su propio beneficio, no dejando de lado el compromiso del personal de la tienda por llevar a cabo esta propuesta. Las actividades que se recomiendan realizar son las siguientes:

- **Recurrir a personal auxiliar que se encuentre en la entrada de la caja y redirija a las personas que llevan más artículos de los permitidos.** No es necesario contratar personal adicional, con una delegación de responsabilidades basta; por ejemplo, la mayor parte del tiempo están por lo menos dos empacadores en cada caja, así que ellos mismos pueden apoyar

con la propuesta; mientras uno se encuentra empacando, el otro estará del otro lado verificando la cantidad de artículos por cliente y viceversa.

- **El cajero, al darse cuenta que una persona lleva más de 8 artículos, le hará una cordial invitación para que pase a otra caja y sea atendido.** El cajero deberá estar atento ante esta situación y se comprometerá a poner en práctica tal condición; tomando en cuenta que ser amables ayuda a que las cosas se comprendan mejor, por lo tanto, los clientes entenderán y se evitará un disgusto de su parte; hay que ser amables pero firmes para que esto se cumpla.

Es importante mencionar que la práctica de estas actividades deberá ser constante, por lo menos un par de meses para que se cree la cultura de respetar las condiciones que se imputan no sólo en la tienda, sino en cualquier establecimiento.

6.1.4 Modelo de Simulación

Para representar la propuesta en el modelo de simulación, se toma como base el modelo original y se agrega una condición a la locación "Llegada":

- **IF ART \leq 8, ESPERA.** Esta condición indica que si un cliente lleva igual o menor cantidad de 8, entonces que pase a "Espera".
- **IF ART $>$ 8, EXIT.** Esta condición indica que si un cliente lleva más de 8 artículos, entonces sale del sistema.

Al simular el modelo con estas condiciones se obtendrán resultados que más adelante se compararán con los de las demás propuestas y se analizará cuál es la mejor de todas. El modelo terminado se puede consultar en el **Anexo G**.

En la **Figura 6.1** se muestra el sistema de simulación de la caja rápida y la condición antes especificada.

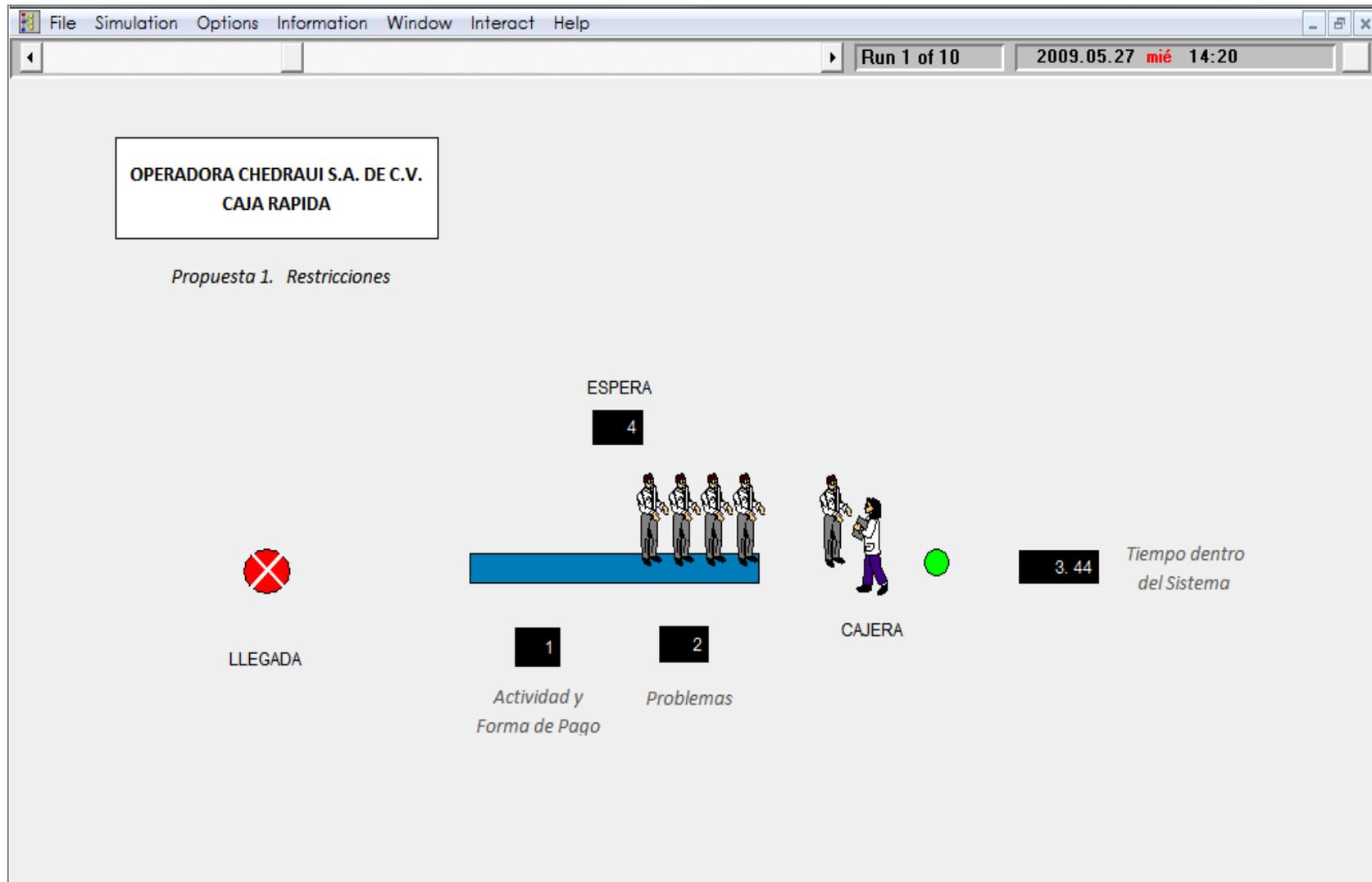


Figura 6.1 Propuesta 1. Restricciones. Únicamente 8 Artículos

6.2 Propuesta 2. Evitar Problemas Frecuentes

6.2.1 Objetivo

Si bien no se pueden eliminar al 100% todos los problemas que existen, se pueden excluir al menos, los más evitables. El propósito de esta propuesta es evitar los problemas más frecuentes, los que se relacionan con los productos y la falta de cambio en caja.

6.2.2 Resultados Previstos

Los resultados que se esperan obtener de esta propuesta es que disminuyan las llamadas a los Jefes de Departamento por motivo de solicitar el código de un producto que no tenga etiqueta, que el código no corresponda con el precio antes visto o por mercancía defectuosa, además de contar la mayor parte del tiempo con el cambio suficiente para no hacer esperar a los clientes. Al igual que la propuesta anterior, el resultado más importante que se busca con esta investigación, es que el tiempo de espera por el servicio se vea disminuido, la cantidad de clientes en cola reduzca notablemente y los problemas más frecuentes se eviten.

6.2.3 Actividades

El compromiso de poner en práctica esta propuesta será del personal de la tienda. Las actividades a realizar sugeridas son las siguientes:

- **Actualizar la base de datos.** Para evitar que la caja no lea un código, se recomienda actualizar el sistema donde se tiene toda esta información. Lo que se puede hacer es que un encargado de cada área o departamento se haga

responsable de tal situación, que se comprometa a actualizar diariamente los datos que pertenecen a su departamento.

- **Verificar productos defectuosos.** En esta actividad se deben identificar los productos que tengan algún desperfecto y apartarlos del alcance del cliente que en muchas ocasiones no se percata de ello. Los encargados de los departamentos deberán ser los responsables de tal condición, identificando productos en mal estado y quitarlos de los estantes.
- **Cambio suficiente en caja.** La responsabilidad será de los supervisores de caja, comprometerse a estar atento de lo que falta en caja para evitar retrasos a la hora de ir por el cambio, deberán prepararse con cambio especialmente para la caja rápida en época de quincena o en los días de ofertas especiales como los miércoles de frutas y verduras.

6.2.4 Modelo de Simulación

La representación de esta propuesta en el modelo de simulación es con base en el modelo original. De la base de datos de tiempos de servicio (**Anexo A**), se eliminarán aquellos tiempos en los que se especifiquen problemas de cambio, código, jefe de departamento. Al realizar esta acción, se modificarán algunas distribuciones de probabilidad y distribuciones empíricas de las combinaciones especificadas en el punto 4.3.4.1 Combinaciones y Distribuciones de Probabilidad.

En la **Tabla 6.1** se detallan los cambios efectuados en las combinaciones y las nuevas distribuciones de probabilidad asignadas al eliminar los datos de tiempos de servicio que se relacionan con problemas mencionados anteriormente.

Tabla 6.1 Detalles de los Cambios Efectuados en las Combinaciones y Distribuciones de Probabilidad

COMBINACIONES	DISTRIBUCIÓN	NUEVA DISTRIBUCIÓN
A-T-S	P6(0, 0.13, 38.3, 3.06)	G(0, 3.73, 0.566)
A-E-S 1	W(0, 1.64, 0.827)	P6(0, 1.23, 4.08, 7.05)
A-E-S 2	ER(0, 3, 0.359)	P6(0, 2.14, 4.09, 8.94)
A-E-S 3	W(0, 1.83, 1.34)	W(0, 1.98, 1.34)
A-E-S 4	P5(0, 4.27, 4.53)	ER(0, 6, 0.221)
A-E-S 5	L(0, 0.107, 0.437)	IG(0, 4.33, 1.24)
A-E-S-6	P6(0, 0.0157, 218, 3.5)	P5(0, 3.81, 3.81)
A-E-S 7	P5(0, 4.89, 6.18)	B(0, 8.3, 9, 47.2)
A-E-S 8	W(0, 2.59, 2.32)	W(0, 3.33, 2.05)
A-E-S 9	W(0, 2.09, 1.78)	ER(0, 3, 0.488)
A-E-S 10	P6(0, 0.1, 167, 10.9)	P5(0, 8.39, 13.7)
A-E-S 11 a 14	P6(0, 0.492, 16.8, 5.35)	P5(0, 5.7, 8.12)
A-E-S >15	P5(0, 2.5, 4.63)	IG(0, 9.95, 2.33)
A-COMB-S	P6(0, 3.34, 10.8, 17.1)	P5(0, 6.27, 11.7)
A-S-E-S	P5(0, 5.05, 11)	IG(0, 8.56, 3.12)
A-S-COMB-N	IG(0, 11.2, 2.45)	ER(0, 5, 0.5)

De las **Tablas 6.2 a 6.6** se muestran las combinaciones y distribuciones empíricas que se han utilizado para el modelo de simulación y que se han cambiado por la eliminación de datos.

Tabla 6.2 Detalles de los Cambios Efectuados en las Combinaciones y Distribuciones Empíricas

COMBINACIÓN	DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA		NUEVA DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA	
S-E-S	0.58433333	11.11%		
	0.77866667	11.11%		
	0.80616667	11.11%	2.965333333	20%
	0.90633333	11.11%	2.308833333	20%
	1.07416667	11.11%	0.778666667	20%
	1.76733333	11.11%	0.906333333	20%
	1.902	11.11%	1.074166667	20%
	2.30883333	11.11%		
	2.96533333	11.11%		
A-E-S 15	P5(0, 2.5, 4.63)		0.624833333	11.11%
			0.937	11.11%
			1.044	11.11%
			1.398166667	11.11%
			1.809333333	11.11%
			2.020166667	11.11%
			2.146833333	11.11%
			2.411166667	11.11%
			4.276	11.11%
A-V-S	1.5035	16.67%	4.760166667	20%
	1.9745	16.67%	1.9745	20%
	2.078333333	16.67%	3.2705	20%
	2.809	16.67%	2.078333333	20%
	3.2705	16.67%	2.809	20%
	4.760166667	16.67%		

Tabla 6.3 Cambios Efectuados en ARTI. Distribución Definida por el Usuario para Indicar el Número de Artículos por Cliente

Distribución Original			Nueva Distribución		
No. Artículos	Frecuencia	Probabilidad	No. Artículos	Frecuencia	Probabilidad
1	1427	19.72%	1	1403	19.93%
2	1255	17.34%	2	1226	17.41%
3	986	13.62%	3	960	13.63%
4	728	10.06%	4	704	10.00%
5	592	8.18%	5	573	8.14%
6	409	5.65%	6	398	5.65%
7	375	5.18%	7	366	5.20%
8	343	4.74%	8	329	4.67%
9	243	3.36%	9	235	3.34%
10	166	2.29%	10	158	2.24%
11	108	1.49%	11	106	1.51%
12	117	1.62%	12	112	1.59%
13	83	1.15%	13	79	1.12%
14	56	0.77%	14	54	0.77%
15	78	1.08%	15	76	1.08%
>15	272	3.76%	>15	262	3.72%
Total	7238	100.00%	Total	7041	100.00%

Tabla 6.4 Cambios Efectuados en ACTI. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Actividad Realizada por el Cliente

Distribución Original			Nueva Distribución		
Actividad	Frecuencia	Probabilidad	Actividad	Frecuencia	Probabilidad
Servicio	332	4.39%	Servicio	328	4.45%
Artículos	7018	92.70%	Artículos	6826	92.63%
Ambos	221	2.92%	Ambos	215	2.92%
Total	7571	100.00%	Total	7369	100.00%

Tabla 6.5 Cambios Efectuados en PAGOS. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Forma de Pago de Cada Cliente

Distribución Original			Nueva Distribución		
Forma De Pago	Frecuencia	Probabilidad	Forma De Pago	Frecuencia	Probabilidad
E	6768	89.41%	E	6582	89.32%
T	655	8.65%	T	643	8.73%
Ch	10	0.13%	Ch	10	0.14%
V	33	0.44%	V	32	0.43%
Combinación	91	1.20%	Combinación	89	1.21%
No Pagaron	13	0.17%	No Pagaron	13	0.18%
Total	7570	100.00%	Total	7369	100.00%

Tabla 6.6 Cambios Efectuados en PROBL. Distribución Definida por el Usuario que Indica la Presencia o Ausencia de Problemas en Caja

Distribución Original			Nueva Distribución		
Problemas	Frecuencia	Probabilidad	Problemas	Frecuencia	Probabilidad
Si	558	7.37%	Sí	356	4.83%
No	7013	92.63%	No	7013	95.17%
Total	7571	100.00%	Total	7369	100.00%

Los datos que fueron modificados se introducirán en el programa de simulación para lograr la situación propuesta con la finalidad de obtener resultados, compararlos con las demás propuestas y seleccionar la mejor. Tomando en cuenta los cambios efectuados en las distribuciones de probabilidad, la programación del modelo queda de la siguiente forma:

T2=CLOCK(MIN)-T1

```
IF ART=0 AND ACT=1 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(7.58, 1.11)}
ELSE {IF ART=0 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(12.6, 3.58, 0.205)}
ELSE {IF ART=0 AND ACT=1 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT SES()}}
ELSE {IF ART=1 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT ER(0.0895, 7)}}
ELSE {IF ART=2 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(7.76, 5.06)}}
ELSE {IF ART=3 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(23.8, 16.9, 0.549)}}
ELSE {IF ART=4 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(9.38, 7.21)}}
ELSE {IF ART=5 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(9.87, 7.96)}}
ELSE {IF ART=6 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(6.92, 6.68)}}
ELSE {IF ART=7 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT W(3.13, 1.34)}}
ELSE {IF ART=8 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(15.4, 16.4)}}
ELSE {IF ART=9 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(25.2, 22.8, 1.11)}}
ELSE {IF ART=10 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(6.8, 7.48)}}
ELSE {IF ART=11 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(23.1, 26.9)}}
ELSE {IF ART=12 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(8.65, 12)}}
ELSE {IF ART=13 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT ER(0.0581, 26)}}
ELSE {IF ART>=14 AND ART<=15 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(6.82, 9.92)}}
ELSE {IF ART>15 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(9.37, 16.2)}}
ELSE {IF ART>=1 AND ACT=0 AND PAGO=2 AND PROB=1 THEN {WAIT G(3.73, 0.566)}}
ELSE {IF ART=1 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(5.72, 1.57)}}
ELSE {IF ART=2 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(25.7, 9.02, 0.137)}}
ELSE {IF ART=3 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(41.9, 9.67, 0.106)}}
ELSE {IF ART=4 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(6.86, 3.6)}}
ELSE {IF ART=5 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(10.4, 57.2, 3.52)}}
ELSE {IF ART=6 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(252, 6.92, 0.0178)}}
ELSE {IF ART=7 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(6.44, 0.82)}}
ELSE {IF ART=8 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(7.21, 5.6)}}
ELSE {IF ART=9 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(7.27, 0.903)}}
ELSE {IF ART=10 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT G(7.2, 0.126)}}
ELSE {IF ART=11 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT IG(9.67, 1.01)}}
ELSE {IF ART=12 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT G(12.2, 0.0822)}}
ELSE {IF ART=13 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT ER(0.154, 8)}}
ELSE {IF ART=14 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P5(10.6, 11.2)}}
ELSE {IF ART=15 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(21.7, 9.35, 0.511)}}
ELSE {IF ART>15 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=0 THEN {WAIT P6(8.39, 23.6, 4.17)}}
ELSE {IF ART=1 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT P6(4.08, 7.05, 1.23)}}
ELSE {IF ART=2 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT P6(4.09, 8.94, 2.14)}}
ELSE {IF ART=3 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT W(1.98, 1.34)}}
ELSE {IF ART=4 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT ER(0.221, 6)}}
ELSE {IF ART=5 AND ACT=0 AND PAGO=1 AND PROB=1 THEN {WAIT IG(4.33, 1.24)}}
```

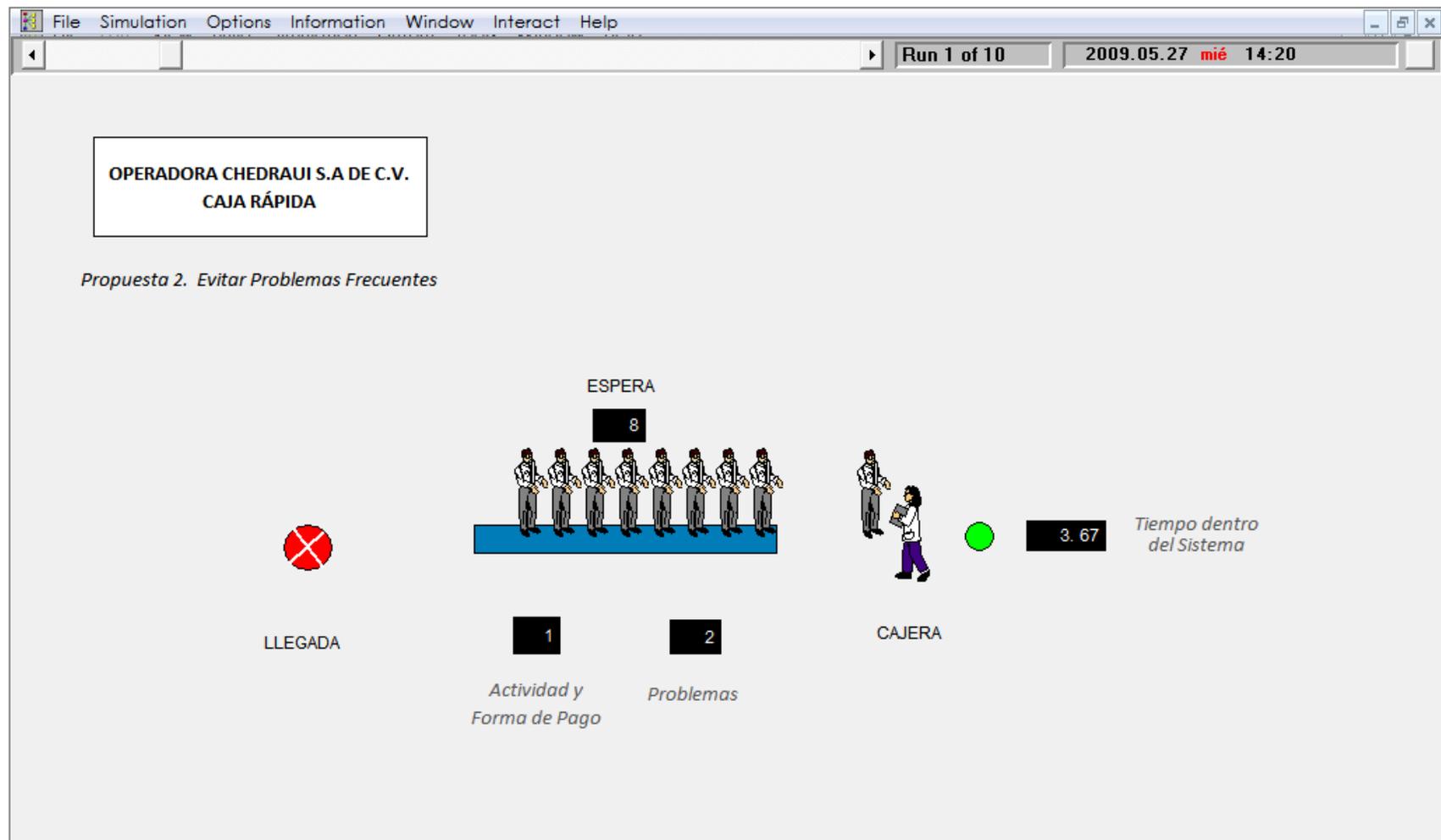



Figura 6.2 Propuesta 2. Evitar Problemas Frecuentes

6.3 Propuesta 3. Caja Rápida Adicional

6.3.1 Objetivo

El propósito principal de esta propuesta es disminuir al máximo la cantidad de personas en cola, y por consiguiente, reducir el tiempo de espera por el servicio de cobro, tomando en cuenta la necesidad de los clientes por un servicio rápido y eficaz.

6.3.2 Resultados Previstos

Considerando la información proporcionada por el modelo de simulación original representativo del sistema real, se espera que; al contar con una caja rápida adicional, la cantidad de personas en espera se distribuya entre las dos cajas, por lo que se prevé que la caja rápida esté disponible más tiempo, la cantidad de personas en espera disminuya y el tiempo reduzca considerablemente, habiendo más clientes satisfechos con el servicio y ganando un mejor prestigio para la caja rápida.

6.3.3 Actividades

La actividad que se recomienda para llevar a cabo esta propuesta, se basa en el modelo original, tiene las mismas condiciones y no habrá que contratar personal extra para realizarla. En esta actividad lo único que se tendrá que hacer es:

- **Abrir una caja rápida adicional**

Es importante considerar la ubicación de esta caja adicional. Se sugiere que esté situada a un lado de la caja rápida principal, pues la mayor parte de los clientes

conoce la ubicación de ésta y sería más sencillo para ellos dirigirse a la otra caja rápida si se encuentra a un lado de la misma y no al otro lado de la tienda.

También es necesario tener en cuenta la señalización de la misma, colocando un letrero igual que el original o bien, uno que indique que esas dos cajas son rápidas para evitar confusiones y hacer del conocimiento del público la existencia de una caja rápida adicional.

Con respecto al horario de la caja adicional, deberá ser el mismo que para cualquier tipo de caja, quedará a consideración de los supervisores de caja y de los cajeros que asignen.

6.3.4 Modelo de Simulación

La información que se utilizó para simular esta propuesta fue la misma que la del modelo original; condiciones, combinaciones, restricciones, variables, etc., son idénticas al primer modelo, la diferencia radica en la caja adicional que éste tiene, incluyendo la programación de las llegadas y los tiempos de servicio es la misma y se puede consultar en el **Anexo H**. El modelo terminado se puede consultar en el **Anexo G**.

La **Figura 6.3** que se muestra a continuación, representa el modelo de simulación de la propuesta descrita previamente.

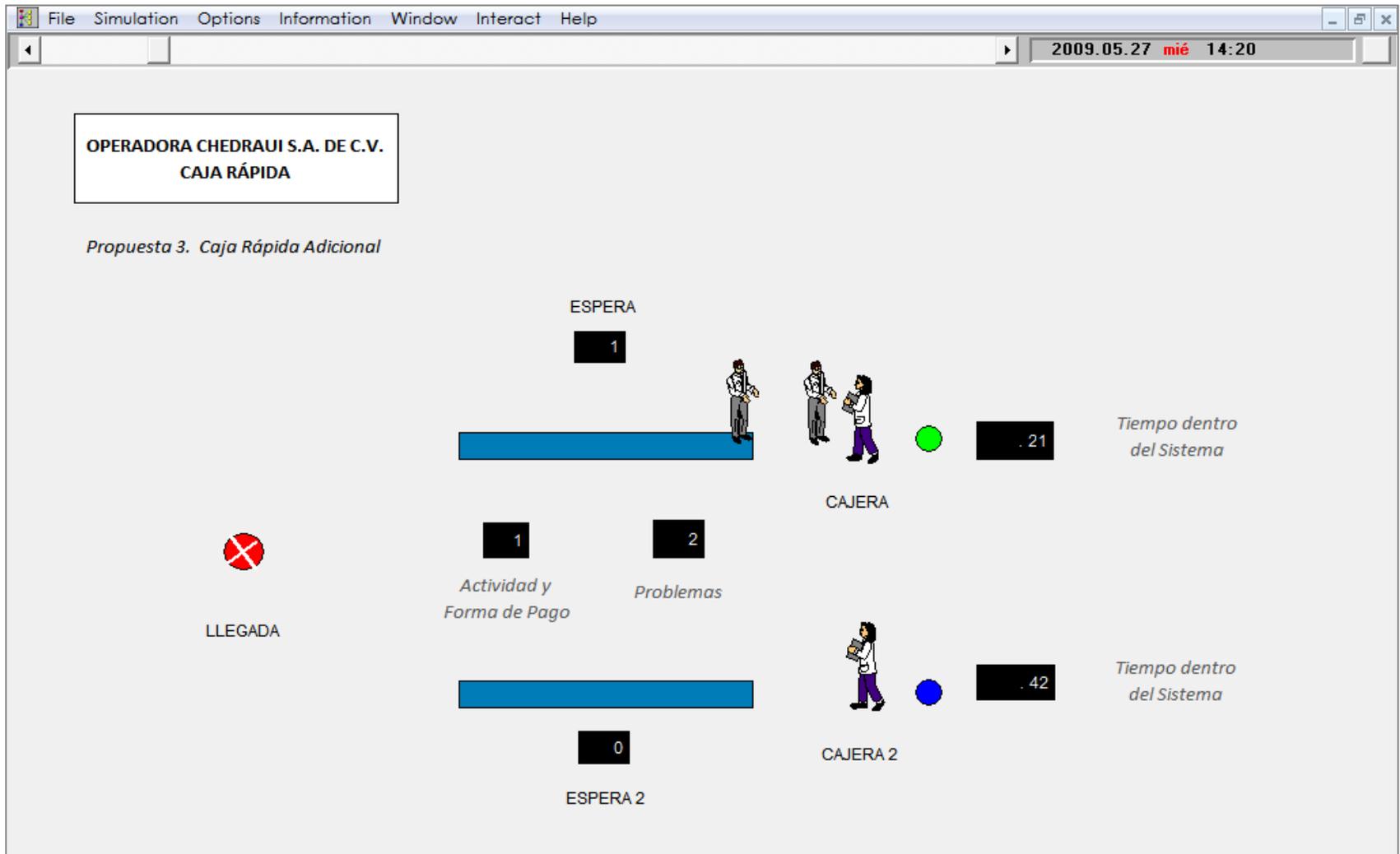


Figura 6.3 Propuesta 3. Caja Rápida Adicional

6.4 Propuesta 4. Combinación de Propuestas

6.4.1 Objetivo

El objetivo principal de esta propuesta es demostrar la mejora que se obtiene en la reducción de tiempo de espera y disminución de clientes en cola al combinar las tres propuestas anteriores.

6.4.2 Resultados Previstos

Al combinar las tres propuestas anteriores, se busca optimizar el servicio de la caja rápida, disminuyendo el tiempo de espera por el mismo y la cantidad de clientes en cola. Se prevé que el resultado de la combinación sea positivo y notable en las estadísticas de las medidas de efectividad planteadas, resolviendo así, la hipótesis de esta investigación.

6.4.3 Actividades

Las actividades que se recomiendan realizar para llevar a cabo esta propuesta, serán las mismas que las de los tres modelos planteados. La responsabilidad para cumplirlas dependerá tanto de la tienda en general como del cliente. Las actividades sugeridas son las siguientes:

- **Limitar las entradas a la caja rápida haciendo cumplir sus condiciones.** Es decir, únicamente se atenderán a aquellos clientes que llevan como máximo ocho artículos.

- **Evitar problemas frecuentes.** Esto incluye lo siguiente:
 - Mantener actualizada la base de datos de la tienda que contenga la información referente a los productos, como el precio o el código de barras para disminuir las llamadas a los supervisores o jefes de departamento por este motivo.
 - Verificar productos defectuosos. Cada departamento será el encargado de llevar a cabo esta tarea.
 - Mantener a la caja con el cambio suficiente para reducir los retrasos por esta situación.
- **Abrir una caja rápida adicional.** Los responsables serán los administradores de la tienda para establecer el horario de atención y ubicación, así como la señalización de la misma.

6.4.4 Modelo de Simulación

Para la creación del modelo de simulación que represente la Propuesta 4, se selecciona información clave de los modelos de las propuestas anteriores para combinarlos en un solo sistema. La información que se utilizó de cada uno de ellos para esta propuesta es la siguiente:

- **Modelo Original.** Se toma todo al modelo original como base para modificarlo de acuerdo a las condiciones establecidas por los demás modelos.
- **Propuesta 1.** Se seleccionan las restricciones de entrada al sistema de acuerdo al valor que toma el atributo ART que indica el número de artículos que poseen los clientes al entrar al sistema. La condición es la siguiente:

- **IF ART \leq 8, ESPERA.** Esta condición indica que si un cliente lleva igual o menor cantidad de 8, entonces que pase a "Espera".
- **IF ART $>$ 8, EXIT.** Esta condición indica que si un cliente lleva más de 8 artículos, entonces sale del sistema.
- **Propuesta 2.** La programación del sistema es lo que se toma de esta propuesta, junto con todos los ajustes que se tienen que hacer por eliminar los tiempos que especifican si los clientes tienen problemas referentes al producto o a la falta de cambio en caja. De las **Tablas 6.1** a la **6.6** se detallan los cambios en las combinaciones y distribuciones de probabilidad por la eliminación de datos, seguido de la programación del sistema. Todos los detalles de estas modificaciones se pueden consultar en el punto 6.2 de esta investigación.
- **Propuesta 3.** La caja rápida adicional con las mismas características que la caja original. Toma las mismas condiciones que el modelo original, excluyendo las restricciones que se seleccionan de la propuesta 1 y la programación del modelo de la propuesta 2.

La información seleccionada de cada propuesta se incluirá en una sola para obtener resultados, compararlos entre sí y elegir la mejor propuesta para la hipótesis planteada. El modelo de simulación terminado para esta propuesta se puede consultar en el **Anexo G**.

La **Figura 6.4** que se muestra a continuación, representa el modelo de simulación de esta propuesta, resultado de la combinación de las Propuestas 1, 2 y 3 anteriormente expuestas.

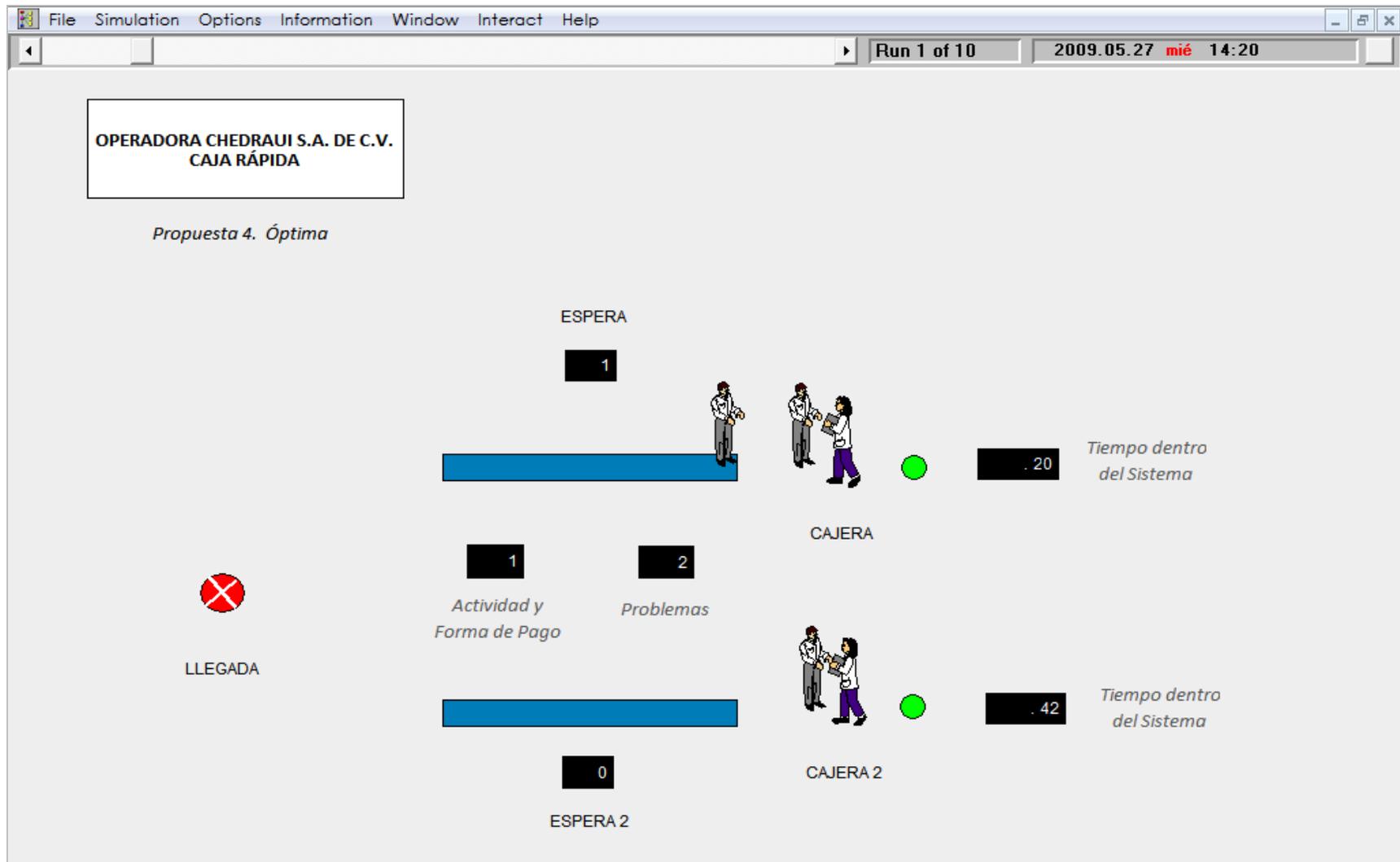


Figura 6.4 Propuesta 4. Combinación de Propuestas

6.5 Propuesta 5. Tres Cajas Rápidas

6.5.1 Objetivo

El objetivo de esta propuesta, al igual que las propuestas anteriores, es disminuir tanto la cantidad de clientes en cola como el tiempo de espera del servicio de cobro, con un costo mínimo, además de comprobar si es factible el funcionamiento de tres cajas para el servicio de cobro.

6.5.2 Resultados Previstos

Con base en los resultados obtenidos en la Propuesta 3 con dos cajas rápidas en servicio, se supone que al entrar en funcionamiento tres cajas rápidas, la cantidad de clientes que lleguen en un día normal de servicio se distribuya entre las mismas, por lo que se prevé que el tiempo de espera por el servicio y la cantidad de clientes en cola sea aún menor que el de la propuesta señalada.

Cabe mencionar que, además de comprobar que los resultados de las medidas de efectividad de esta propuesta sean menores que de todas las anteriores, se tendrá que demostrar que el funcionamiento de las tres cajas es viable, basándose en la relación que existe entre la cantidad total de clientes que llegan en el día y la cantidad de clientes que ocupan cada una de las cajas.

6.5.3 Actividades

La actividad que se tendrá que realizar para efectos de esta propuesta se fundamenta en las mismas condiciones del modelo original sin modificación alguna.

Dicha actividad es la siguiente:

- **Contemplar el funcionamiento tres cajas rápidas**

Serán los administradores de la tienda los encargados de llevar a cabo esta actividad junto con la asignación de horario de servicio, ubicación y señalización de las cajas adicionales. Se recomienda que la ubicación de las cajas rápidas agregadas se encuentre a un lado de la caja rápida principal manejando un sistema unifila para dicha propuesta.

6.5.4 Modelo de Simulación

Los datos que se tomaron en cuenta para la representación del modelo de simulación de la Propuesta 5, se basan en su totalidad en los del modelo original, pues se pretende que las dos cajas rápidas adicionales tengan las mismas condiciones que las del sistema real. Por lo tanto, condiciones iniciales, atributos de clientes, programación del proceso, entre otras características que integran al modelo original, serán las mismas para esta propuesta. La programación de las llegadas y los tiempos de servicio se pueden consultar en el **Anexo H**. El modelo de simulación representativo de la Propuesta 5, se puede consultar en el **Anexo G**.

La **Figura 6.5**, que a continuación se presenta, es la imagen del modelo de simulación terminado que representa la Propuesta 5 descrita anteriormente.

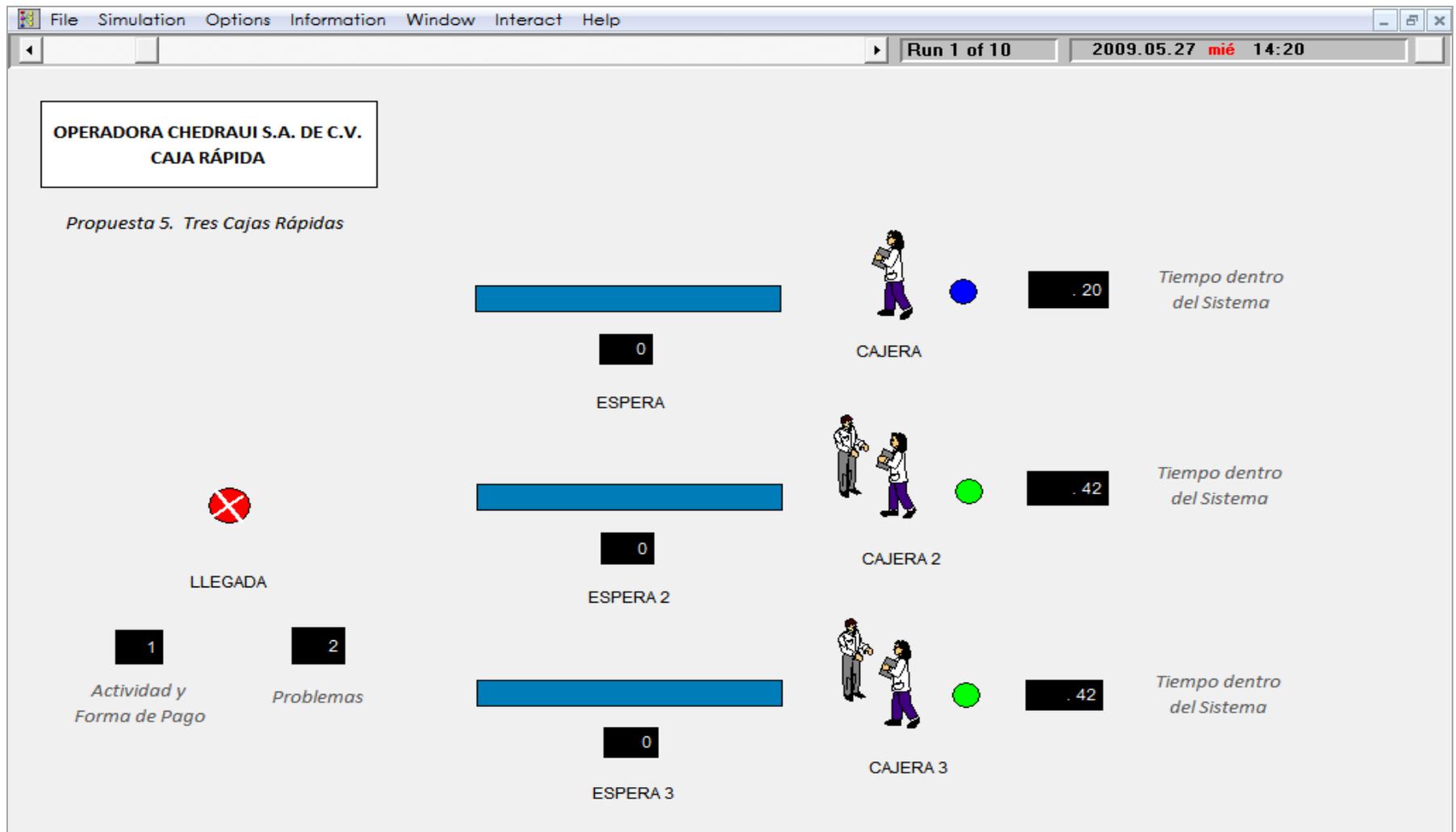
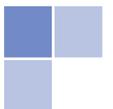


Figura 6.5 Propuesta 5. Tres Cajas Rápidas

Resultados



7.1 Presentación de Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos a través de las corridas de simulación, recordando que se establecieron 10 réplicas para cada alternativa y de las cuales se toma la información necesaria para realizar el análisis, considerando las medidas de efectividad que fueron definidas con anterioridad: Tiempo³ de Espera por el Servicio de Cobro y la Cantidad de Clientes en Espera del Servicio.

7.1.1 Modelo Original

Habría que comenzar por presentar los resultados del sistema real para que se comparen contra los de las propuestas más adelante. En la **Tabla 7.1** se muestra la cantidad máxima de clientes en espera del servicio. En la **Tabla 7.2** se exponen los tiempos mínimo, máximo y promedio de espera por el servicio de cobro.

Tabla 7.1 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Modelo Original

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	4915	26
2	4876	27
3	4952	26
4	4830	13
5	4869	22
6	4894	21
7	4708	19
8	4980	18
9	4780	37
10	4796	23
Promedio	4860	23.2

³Unidad de tiempo en minutos

Tabla 7.2 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro.
Modelo Original

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.20	24.94	2.65
2	0.20	25.27	2.22
3	0.20	26.37	2.61
4	0.20	13.74	1.47
5	0.20	18.04	2.14
6	0.20	17.92	2.14
7	0.20	23.87	1.85
8	0.20	13.22	1.87
9	0.20	30.24	2.53
10	0.20	14.52	1.78
Promedio	0.20	20.81	2.13

7.1.2 Propuesta 1. Restricciones. Únicamente 8 Artículos

A continuación se muestran los resultados de las medidas de efectividad obtenidos en las 10 corridas de simulación. En la **Tabla 7.3** se expone la cantidad máxima de clientes en espera del servicio. En la **Tabla 7.4** se presentan los tiempos mínimo, máximo y promedio de espera por el servicio de cobro.

Tabla 7.3 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Propuesta 1

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	4235	13
2	4101	16
3	4142	11
4	4036	10
5	4096	18
6	4125	10
7	4238	18
8	4093	16
9	4098	7
10	4141	23
Promedio	4130.5	14.2

Tabla 7.4 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro. Propuesta 1

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.20	10.89	1.05
2	0.20	13.50	0.90
3	0.20	7.45	0.91
4	0.20	7.47	0.77
5	0.20	13.65	0.98
6	0.20	6.62	0.81
7	0.20	18.52	1.00
8	0.20	16.23	0.91
9	0.20	8.60	0.76
10	0.20	23.51	0.90
Promedio	0.20	12.64	0.90

7.1.3 Propuesta 2. Evitar Problemas Frecuentes

En seguida se muestran los resultados de las medidas de efectividad obtenidos en las 10 corridas de simulación. En la **Tabla 7.5** se expone la cantidad máxima de clientes en espera del servicio. En la **Tabla 7.6** se presentan los tiempos mínimo, máximo y promedio de espera por el servicio de cobro.

Tabla 7.5 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Propuesta 2

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	4830	12
2	4890	15
3	4721	15
4	4751	19
5	4832	17
6	4824	14
7	4647	18
8	4790	12
9	4823	18
10	4762	14
Promedio	4787	15.4

Tabla 7.6 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro.
Propuesta 2

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.20	11.00	1.36
2	0.20	15.05	1.72
3	0.20	11.01	1.34
4	0.20	17.46	1.41
5	0.20	18.28	1.63
6	0.20	12.03	1.58
7	0.20	12.70	1.55
8	0.20	10.96	1.31
9	0.20	12.71	1.54
10	0.20	11.83	1.37
Promedio	0.20	13.30	1.48

7.1.4 Propuesta 3. Dos Cajas Rápidas

En seguida se muestran los resultados de las medidas de efectividad obtenidos en las 10 corridas de simulación. En las tablas siguientes se aprecia la cantidad de personas y el tiempo que tardan en espera por el servicio.

En la **Tabla 7.7** se expone la cantidad máxima de clientes en espera del servicio para la caja 1. En la **Tabla 7.8** se expone la cantidad máxima de clientes en espera del servicio para la caja 2. En la **Tabla 7.9** se presentan los tiempos mínimo, máximo y promedio de espera por el servicio de cobro para la caja 1. En la **Tabla 7.10** se presentan los tiempos mínimo, máximo y promedio de espera por el servicio de cobro para la caja 2.

Tabla 7.7 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio de Cobro. Espera 1.
Propuesta 3

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	3116	5
2	3116	5
3	3153	4
4	3093	4
5	3138	4
6	3159	5
7	3121	6
8	3114	3
9	3157	4
10	3150	4
Promedio	3131.7	4.4

Tabla 7.8 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio de Cobro. Espera 2.
Propuesta 3

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	1680	5
2	1627	5
3	1746	4
4	1696	3
5	1691	3
6	1692	4
7	1665	5
8	1660	3
9	1726	3
10	1710	3
Promedio	1689.3	3.8

Tabla 7.9 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro.
Caja 1. Propuesta 3

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.20	11.20	0.39
2	0.20	9.93	0.37
3	0.20	7.42	0.38
4	0.20	6.16	0.37
5	0.20	9.43	0.37
6	0.20	13.10	0.39
7	0.20	16.10	0.39
8	0.20	7.42	0.35
9	0.20	9.04	0.40
10	0.20	11.04	0.37
Promedio	0.20	10.08	0.38

Tabla 7.10 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro.
Caja 2. Propuesta 3

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.20	10.29	0.52
2	0.20	4.83	0.52
3	0.20	8.95	0.54
4	0.20	8.00	0.51
5	0.20	4.66	0.50
6	0.20	5.39	0.54
7	0.20	8.3	0.52
8	0.20	3.21	0.48
9	0.20	4.59	0.52
10	0.20	3.2	0.49
Promedio	0.20	6.14	0.51

7.1.5 Propuesta 4. Combinación de Propuestas

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las medidas de efectividad en las 10 corridas de simulación para la propuesta 4. En las tablas siguientes se aprecia la cantidad de clientes y el tiempo que tardan en espera por el servicio. En la **Tabla 7.11** se expone la cantidad de clientes en espera del servicio para la caja 1. En la **Tabla 7.12** se expone la cantidad de clientes en espera del servicio para la caja 2. En la **Tabla 7.13** se presentan los tiempos de espera por el servicio de cobro para la caja 1. En la **Tabla 7.14** se presentan los tiempos de espera por el servicio de cobro para la caja 2.

Tabla 7.11 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 1.
Propuesta 4

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	2928	3
2	2852	3
3	2844	3
4	2902	3
5	2802	4
6	2867	4
7	2788	3
8	2821	2
9	2841	4
10	2839	3
Promedio	2848.4	3.2

Tabla 7.12 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 2.
Propuesta 4

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	1351	2
2	1283	2
3	1331	3
4	1353	3
5	1296	3
6	1335	3
7	1210	2
8	1252	3
9	1248	3
10	1283	3
Promedio	1294.2	2.7

Tabla 7.13 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro.
Caja 1. Propuesta 4

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.20	5.82	0.28
2	0.20	4.15	0.29
3	0.20	10.77	0.30
4	0.20	5.40	0.30
5	0.20	13.39	0.29
6	0.20	7.12	0.29
7	0.20	5.63	0.27
8	0.20	2.71	0.27
9	0.20	4.68	0.27
10	0.20	4.56	0.27
Promedio	0.20	6.42	0.28

Tabla 7.14 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro.
Caja 2. Propuesta 4

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.20	2.75	0.45
2	0.20	4.47	0.46
3	0.20	3.45	0.46
4	0.20	3.48	0.46
5	0.20	4.26	0.46
6	0.20	4.69	0.46
7	0.20	2.53	0.46
8	0.20	2.55	0.45
9	0.20	8.28	0.46
10	0.20	2.91	0.45
Promedio	0.20	3.94	0.45

7.1.5 Propuesta 5. Tres Cajas Rápidas

En el apartado siguiente se presentan los resultados que se obtuvieron de las medidas de efectividad en las 10 corridas de simulación para la propuesta 5. En el listado de tablas que se presentan a continuación se aprecia la cantidad de clientes y el tiempo que tardan en espera por el servicio. En la **Tabla 7.15, 7.16 y 7.17** se presentan la cantidad de clientes en espera del servicio para la caja 1, 2 y 3, respectivamente. En la **Tabla 7.18, 7.19 y 7.20** se muestran los tiempos de espera por el servicio de cobro para la caja 1, 2 y 3, respectivamente.

Tabla 7.15 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 1.
Propuesta 5

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	2706	2
2	2651	2
3	2686	2
4	2649	2
5	2674	3
6	2698	2
7	2694	3
8	2680	2
9	2614	3
10	2706	2
Promedio	2675.8	2.3

Tabla 7.16 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 2.
Propuesta 5

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	1473	2
2	1387	2
3	1418	2
4	1422	2
5	1440	3
6	1437	3
7	1402	2
8	1413	3
9	1373	3
10	1394	3
Promedio	1415.9	2.5

Tabla 7.17 Cantidad Máxima de Clientes en Espera del Servicio. Espera 3.
Propuesta 5

Réplica	Entradas Totales de Clientes al Servicio	Contenido Máximo de Clientes en Línea de Espera
1	724	2
2	683	2
3	712	2
4	650	2
5	700	2
6	695	2
7	645	2
8	667	2
9	647	2
10	681	2
Promedio	680.4	2

Tabla 7.18 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro.
Caja 1. Propuesta 5

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.2	8.32	0.27
2	0.2	26.6	0.27
3	0.2	8.34	0.25
4	0.2	9.9	0.26
5	0.2	22.75	0.26
6	0.2	7.66	0.25
7	0.2	6.03	0.24
8	0.2	3.74	0.25
9	0.2	5.03	0.25
10	0.2	7.84	0.25
Promedio	0.2	10.62	0.25

Tabla 7.19 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro.
Caja 2. Propuesta 5

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.41	7.53	0.44
2	0.41	4.16	0.43
3	0.41	8.71	0.44
4	0.41	2.73	0.43
5	0.41	4.5	0.44
6	0.41	6.38	0.44
7	0.41	4.09	0.43
8	0.41	3.72	0.43
9	0.41	2.69	0.43
10	0.41	3.97	0.44
Promedio	0.41	4.85	0.44

Tabla 7.20 Tiempo Mínimo, Máximo y Promedio de Espera por el Servicio de Cobro.
Caja 3. Propuesta 5

Réplica	Tiempo Mínimo de Espera	Tiempo Máximo de Espera	Tiempo Promedio de Espera
1	0.41	1.79	0.42
2	0.41	3.96	0.42
3	0.41	1.33	0.42
4	0.41	2.77	0.43
5	0.41	1.61	0.42
6	0.41	2.62	0.43
7	0.41	1.94	0.42
8	0.41	2.17	0.42
9	0.41	2.73	0.43
10	0.41	5.96	0.43
Promedio	0.41	2.69	0.42

7.2 Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos de cada una de las propuestas se comparan con los resultados del modelo original mediante una tabla y gráfica donde se muestra claramente en cuál de las alternativas se reduce considerablemente tanto el tiempo de espera por el servicio como la cantidad de clientes en espera.

A continuación se presenta la **Tabla 7.21** que muestra el porcentaje de mejora que cada propuesta tiene con respecto al problema principal y la cantidad de personas en espera, comparándolo con los resultados del modelo original. En la **Tabla 7.22** se muestra el porcentaje de mejora que cada propuesta tuvo al compararla con los resultados del tiempo de espera en minutos del modelo original.

Tabla 7.21 Porcentaje de Mejora. Cantidad Máxima de Clientes en Espera por el Servicio de Cobro

MODELO ORIGINAL			PROPUESTAS									
Réplica	Cantidad Máxima de Clientes en Espera	Porcentaje	CANTIDAD MÁXIMA DE CLIENTES EN ESPERA									
			1	Porcentaje de Mejora	2	Porcentaje de Mejora	3	Porcentaje de Mejora	4	Porcentaje de Mejora	5	Porcentaje de Mejora
1	26	100%	13	50.00%	12	53.85%	5	80.77%	3	88.46%	2	92.31%
2	27	100%	16	40.74%	15	44.44%	5	81.48%	3	88.89%	2	92.59%
3	26	100%	11	57.69%	15	42.31%	4	84.62%	3	88.46%	2	92.31%
4	13	100%	10	23.08%	19	-46.15%	4	69.23%	3	76.92%	2	84.62%
5	22	100%	18	18.18%	17	22.73%	4	81.82%	4	81.82%	3	87.88%
6	21	100%	10	52.38%	14	33.33%	5	76.19%	4	80.95%	2	88.89%
7	19	100%	18	5.26%	18	5.26%	6	68.42%	3	84.21%	2	87.72%
8	18	100%	16	11.11%	12	33.33%	3	83.33%	3	83.33%	2	87.04%
9	37	100%	7	81.08%	18	51.35%	4	89.19%	4	89.19%	3	92.79%
10	23	100%	23	0.00%	14	39.13%	4	82.61%	3	86.96%	2	89.86%

Tabla 7.22 Porcentaje de Mejora. Tiempo Máximo de Espera por el Servicio de Cobro

MODELO ORIGINAL			PROPUESTAS									
Répica	Tiempo Máximo de Espera por el Servicio	Porcentaje	TIEMPO MÁXIMO DE ESPERA POR EL SERVICIO DE COBRO									
			1	Porcentaje de Mejora	2	Porcentaje de Mejora	3	Porcentaje de Mejora	4	Porcentaje de Mejora	5	Porcentaje de Mejora
1	24.94	100%	10.9	56.34%	11	55.89%	10.75	56.92%	4.29	82.82%	5.88	76.42%
2	25.27	100%	13.5	46.58%	15.1	40.44%	7.38	70.80%	4.31	82.94%	11.57	54.20%
3	26.37	100%	7.45	71.75%	11	58.25%	8.185	68.96%	7.11	73.04%	6.127	76.77%
4	13.74	100%	7.47	45.63%	17.5	-27.07%	7.08	48.47%	4.44	67.69%	5.133	62.64%
5	18.04	100%	13.7	24.33%	18.3	-1.33%	7.045	60.95%	8.83	51.08%	9.62	46.67%
6	17.92	100%	6.62	63.06%	12	32.87%	9.245	48.41%	5.91	67.05%	5.553	69.01%
7	23.87	100%	18.5	22.41%	12.7	46.80%	12.2	48.89%	4.08	82.91%	4.02	83.16%
8	13.22	100%	16.2	-22.77%	11	17.10%	5.315	59.80%	2.63	80.11%	3.21	75.72%
9	30.24	100%	8.6	71.56%	12.7	57.97%	6.815	77.46%	6.48	78.57%	3.483	88.48%
10	14.52	100%	23.5	-61.91%	11.8	18.53%	7.12	50.96%	3.74	74.28%	5.923	59.21%

Los números que están marcados de color rojo indican resultados negativos, en consecuencia, existen más personas en cola o un tiempo de espera mayor al del modelo original.

La **Tabla 7.23** muestra el promedio de los resultados de la cantidad máxima de clientes en espera y del tiempo máximo de espera por el servicio que se obtuvieron en las 10 corridas de simulación, permite representar de la mejor manera a todos los valores del conjunto de réplicas.

Tabla 7.23 Porcentaje de Mejora. Promedio de la Cantidad Máxima de Clientes en Espera y Tiempo Máximo de Espera por el Servicio.

Modelo de Simulación	Cantidad Máxima de Clientes en Espera		Tiempo Máximo de Espera	
	Promedio	Porcentaje	Promedio	Porcentaje
Original	23.2	100.00%	20.81	100.00%
Propuesta 1	14.2	33.95%	12.64	31.70%
Propuesta 2	15.4	27.96%	13.3	29.95%
Propuesta 3	4.4	79.77%	8.11	59.16%
Propuesta 4	3.3	84.92%	5.18	74.05%
Propuesta 5	2.27	89.60%	6.05	69.23%

Para una mejor visualización de los resultados obtenidos en las 10 corridas de simulación de las propuestas, las tablas de resultados anteriores se representan mediante gráficas de barras. En la **Figura 7.1** se muestra la comparación de la cantidad de clientes que se encuentran en línea de espera. En la **Figura 7.2** se presenta la comparación de los tiempos de espera por el servicio de cobro de la caja rápida. En la **Figura 7.3** se muestra la comparación de promedios de la cantidad de clientes en espera. En la **Figura 7.4** se presenta la comparación de promedios del tiempo de espera por el servicio de cobro.

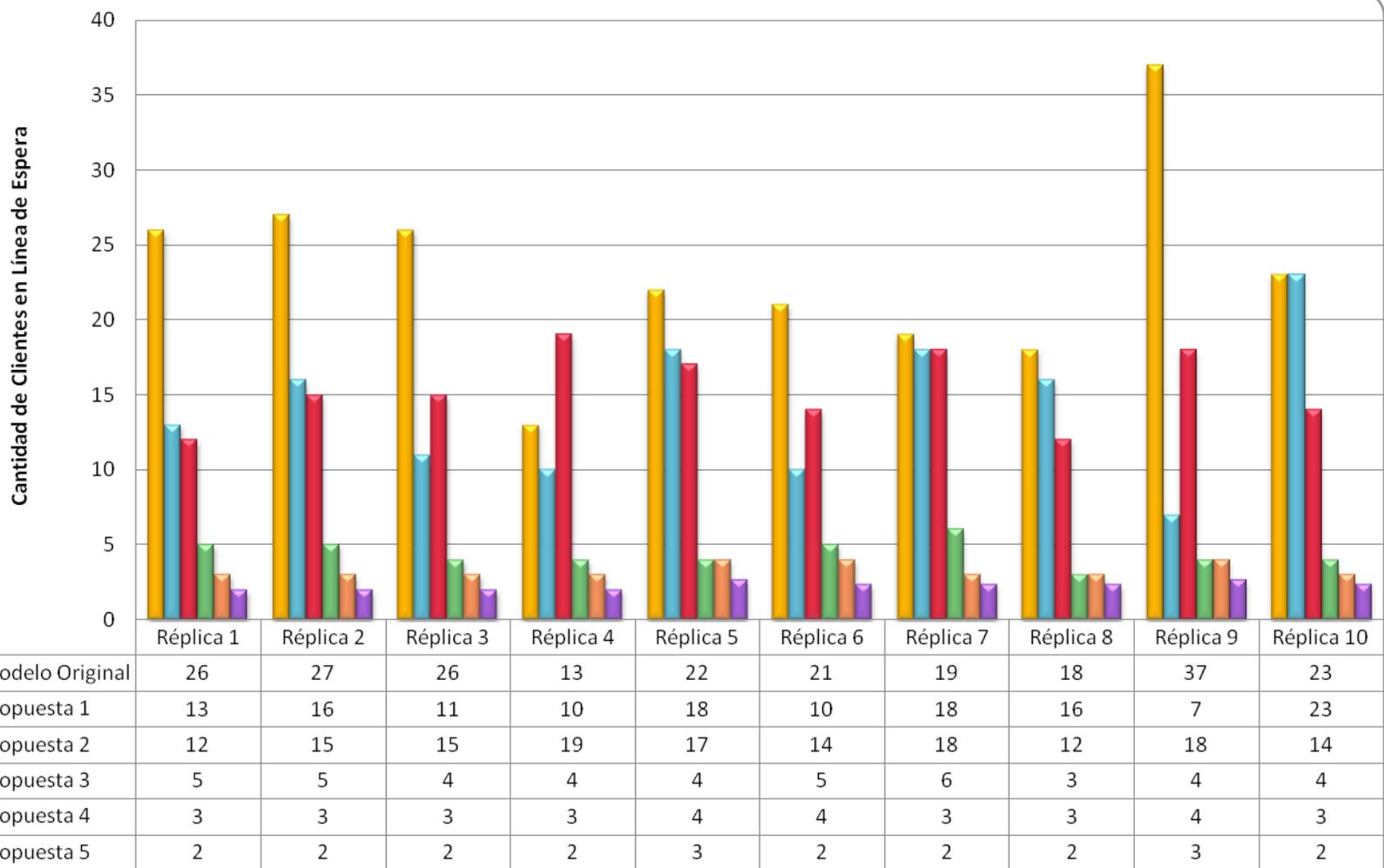


Figura 7.1 Comparación de los Resultados Obtenidos de las Propuestas de la Cantidad de Clientes en Espera

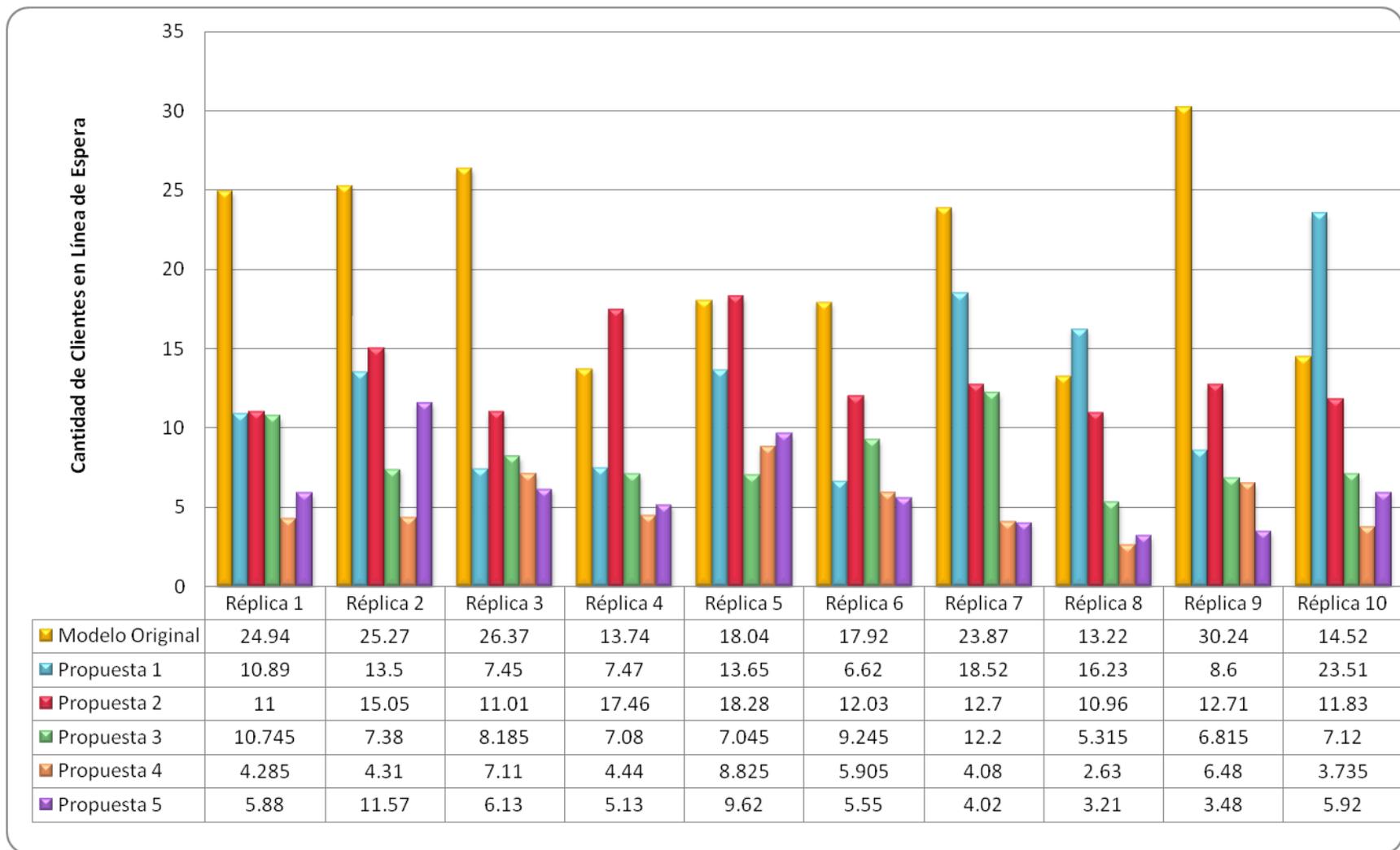


Figura 7.2 Comparación de los Resultados Obtenidos de las Propuestas del Tiempo de Espera por el Servicio de Cobro de la Caja Rápida

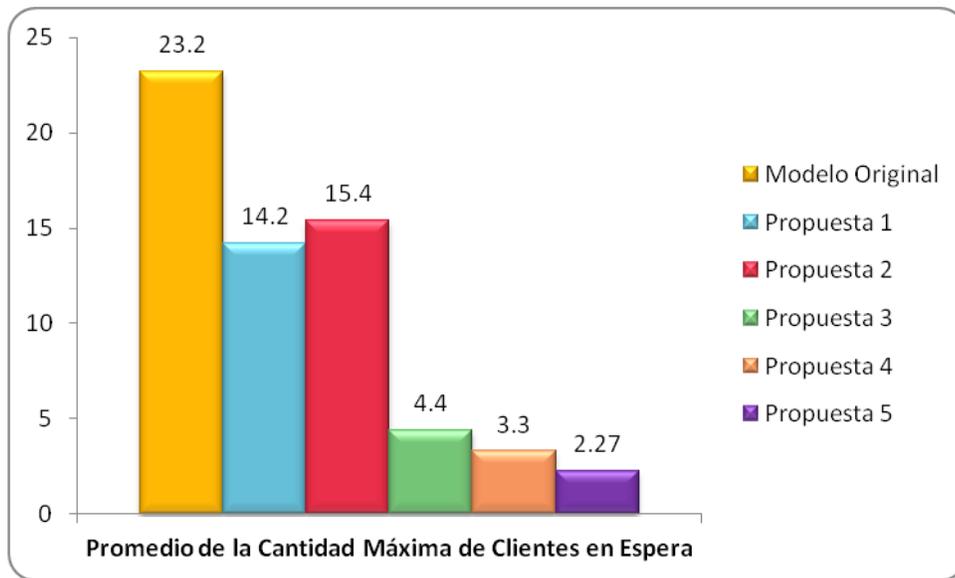


Figura 7.3 Comparación de los Resultados Promedios Obtenidos de las Propuestas de la Cantidad Máxima de Clientes en Espera

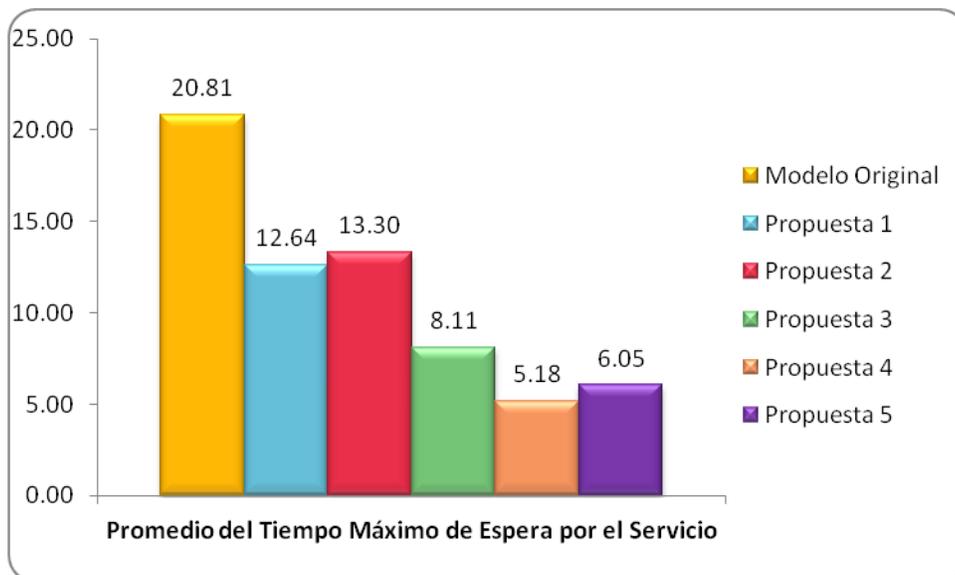


Figura 7.4 Comparación de los Resultados Promedios Obtenidos de las Propuestas del Tiempo Máximo de Espera por el Servicio de Cobro de la Caja Rápida

Como se puede observar en las gráficas y tablas de resultados anteriores, las propuestas 3, 4 y 5 son en las que, tanto la cantidad de clientes como el tiempo de espera por el servicio, disminuye de forma notable. La mejoría de la cantidad de clientes en espera se refleja en la reducción de clientes en cola, que va desde 23.2 a 2.27 clientes en línea de espera en promedio; y el tiempo de espera va desde 20.81 min hasta 5.18 min de espera en promedio por cliente.

Para efectos de seleccionar la mejor alternativa de solución para este proyecto, se realiza una comparación de las últimas tres propuestas, utilizando como criterio la duración en que las cajas están ocupadas, tomando en cuenta el valor acumulado semanal del tiempo de servicio que adquieren las variables globales T4, T5 y T6 especificadas en el reporte general de cada simulación (**Anexo G**) y considerando que cada réplica representa 13 horas de trabajo diario por siete días a la semana.

En la **Tabla 7.24 y 7.25** se presentan los valores de las variables globales T4 y T5 para el tiempo de servicio acumulado por día y por semana de la simulación de la Propuesta 3 y 4 respectivamente; en la **Tabla 7.26** se muestran los valores de las variables T4, T5 y T6 para el tiempo de servicio acumulado por día y por semana de la Propuesta 5.

Tabla 7.24 Valores de la Variables T4 y T5 para el Tiempo de Servicio Acumulado Semanal y Diario de la Propuesta 3.

Tiempo de Servicio Acumulado				
Réplica	Semanal (min)	Diario (hrs)	Semanal (min)	Diario (hrs)
	T4 / Caja 1		T5 / Caja 2	
1	2306.00	5.49	1224.33	2.92
2	2276.65	5.42	1209.22	2.88
3	2239.76	5.33	1240.83	2.95
4	2251.75	5.36	1219.98	2.90
5	2321.48	5.53	1237.85	2.95
6	2294.92	5.46	1242.76	2.96
7	2283.41	5.44	1253.54	2.98
8	2233.51	5.32	1223.49	2.91
9	2198.63	5.23	1234.67	2.94
10	2302.96	5.48	1252.70	2.98
Promedio	2270.91	5.41	1233.94	2.94

Tabla 7.25 Valores de la Variables T4 y T5 para el Tiempo de Servicio Acumulado Semanal y Diario de la Propuesta 4.

Tiempo de Servicio Acumulado				
Réplica	Semanal (min)	Diario (hrs)	Semanal (min)	Diario (hrs)
	T4 / Caja 1		T5 / Caja 2	
1	1875.61	4.47	848.45	2.02
2	1815.72	4.32	870.41	2.07
3	1821.49	4.34	836.96	1.99
4	1803.84	4.29	765.47	1.82
5	1788.34	4.26	818.51	1.95
6	1744.1	4.15	774.8	1.84
7	1725.47	4.11	804.89	1.92
8	1759.45	4.19	825.14	1.96
9	1895.59	4.51	890.44	2.12
10	1795.97	4.28	802.24	1.91
Promedio	1802.56	4.29	823.73	1.96

Tabla 7.26 Valores de la Variables T4, T5 y T6 para el Tiempo de Servicio Acumulado Semanal y Diario de la Propuesta 5.

Tiempo de Servicio Acumulado						
Réplica	Semanal (min)	Diario (hrs)	Semanal (min)	Diario (hrs)	Semanal (min)	Diario (hrs)
	T4 / Caja 1		T5 / Caja 2		T6 / Caja 3	
1	2084.22	4.96	1085.26	2.58	547.09	1.30
2	1979.65	4.71	1059.07	2.52	497.65	1.18
3	1948.53	4.64	1048.65	2.50	484.39	1.15
4	2006.29	4.78	1054.32	2.51	531.79	1.27
5	2041.42	4.86	1068.75	2.54	516.51	1.23
6	2010.82	4.79	1064.28	2.53	504.06	1.20
7	1937.6	4.61	1009.52	2.40	488.99	1.16
8	1986.55	4.73	1011.59	2.41	505.73	1.20
9	1933.81	4.60	1019.84	2.43	497.58	1.18
10	1956.39	4.66	1075.8	2.56	508.58	1.21
Promedio	1988.53	4.73	1049.71	2.50	508.24	1.21

En la **Tabla 7.27** se muestra un resumen de resultados promedios de las tablas anteriores -- columnas: semanal-caja 1, semanal-caja 2 y semanal-caja 3 -- considerando el porcentaje promedio de utilización de las cajas en un día de trabajo, con base en ellos y a las características de las propuestas, se efectuará su comparación.

Tabla 7.27 Tabla Resumen del Porcentaje Promedio de Atención por Caja Semanal y Diario para las Propuestas 3, 4 y 5

	Semanal			Diario		
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 1	Caja 2	Caja 3
Propuesta 3						
Tiempo de Servicio Acumulado (min)	2270.91	1233.94		324.42	176.28	
%	41.59%	22.60%		41.59%	22.60%	
Horas de Atención por Caja	37.85	20.57		5.41	2.94	
Propuesta 4						
Tiempo de Servicio Acumulado (min)	1802.6	823.73		257.51	117.68	
%	33.01%	15.09%		33.01%	15.09%	
Horas de Atención por Caja	30.04	13.73		4.29	1.96	
Propuesta 5						
Tiempo de Servicio Acumulado (min)	1988.5	1049.7	508.2	284.08	149.96	72.61
%	36.42%	19.23%	9.31%	36.42%	19.23%	9.31%
Horas de Atención por Caja	33.14	17.50	8.47	4.73	2.50	1.21

Basado en los resultados obtenidos de las medidas de efectividad y de los proporcionados por las tablas anteriores donde indican el tiempo de servicio diario, se obtiene que, la Propuesta 3 reduce en promedio, la cantidad máxima de clientes en espera hasta 4.4 clientes en cola y el tiempo máximo de espera hasta 8.11 min; la Propuesta 4 hasta 3.3 clientes y el tiempo hasta 5.18 min; y la Propuesta 5 disminuye hasta 2.27 clientes en cola y 6.05 min el tiempo máximo de espera.

Con respecto a los resultados obtenidos del porcentaje de utilización de las cajas en la tabla resumen, se puede observar que el tiempo de utilización de las cajas en las tres propuestas es similar, permitiendo diferenciar lo que influye en esos resultados. En la Propuesta 4 los valores del tiempo de utilización son menores que

las demás alternativas, puesto que en ésta se considera que clientes con más de ocho artículos no pueden ser atendidos, en comparación con las demás propuestas en donde no existe límite de productos por cobrar y en consecuencia, el tiempo de espera es mayor. La propuesta 5 queda descartada pues la caja 3 estaría desocupada la mayor parte del día afectando al rendimiento en general del servicio de cajas pues ésta se podría utilizar como una caja de cobro convencional, considerando también, que los costos se incrementan al poner en funcionamiento dos cajas más.

Concluyendo que la propuesta 4 obtiene mejores resultados para la solución del problema del proyecto, pues se hace respetar el límite de artículos permitidos, además de evitar los problemas más frecuentes anteriormente mencionados, y en consecuencia, el tiempo de espera se reduce.

Queda claro que la Propuesta 4 tiene el porcentaje de mejora más alto. Considerando a las demás propuestas planteadas, pues todas contribuyen en algo al mejoramiento del servicio y reducción de los tiempos, que si bien el porcentaje de mejora no es tan alto, aún así existe reducción del problema.

Cualquiera de las alternativas tiene la oportunidad de ser seleccionada, pero para efectos de este proyecto, la Propuesta 4, Combinación de Propuestas, queda seleccionada como la mejor alternativa de solución para la hipótesis planteada, reduciendo considerablemente la cantidad de clientes en espera y disminuyendo el tiempo de espera por el servicio de cobro.

7.3 Comparación Gráfica del Modelo Seleccionado

A continuación, en la **Figura 7.5** se presenta el gráfico del modelo de la propuesta seleccionada como la mejor para resolver la hipótesis planteada, contra la **Figura 7.6** que representa el gráfico del modelo original para visualizar la mejoría que se obtiene al aplicar la propuesta elegida.

Se elige aleatoriamente el mismo día y hora para correr los modelos de simulación para efecto de compararlos en las mismas condiciones y observar a simple vista dicha mejoría. En este caso, se toma por fecha y hora el día miércoles 27 de Mayo de 2009 a las 10:43 am para ambos modelos.

Como es notable observar en las figuras siguientes, la Propuesta 4. Combinación de Propuestas es seleccionada como la mejor por los resultados que arroja al implementarla en el sistema.

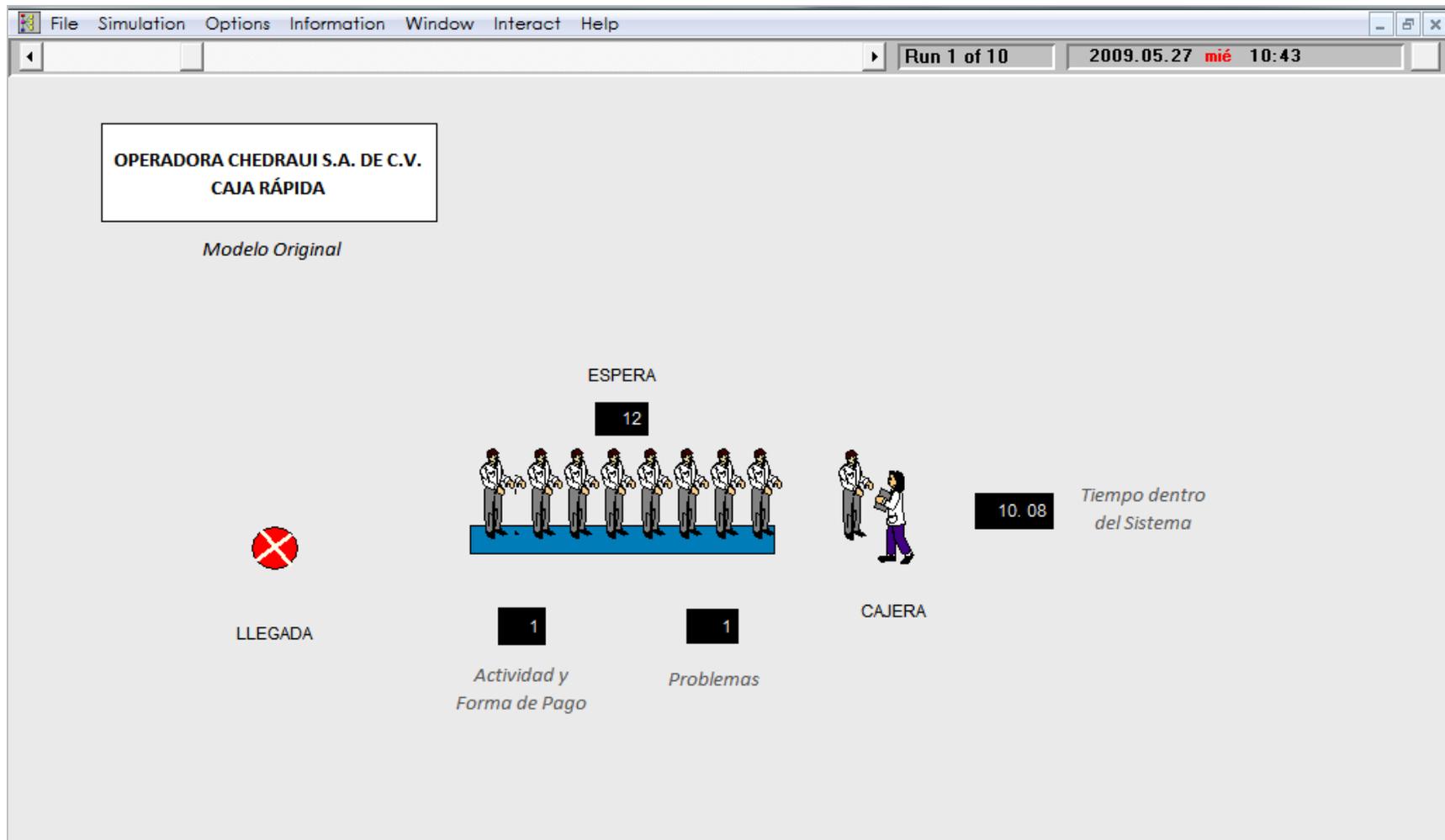


Figura 7.5 Gráfico del Modelo Original del Sistema de Servicio de Cobro del día Miércoles 27 de Mayo de 2009 a las 10:43am.

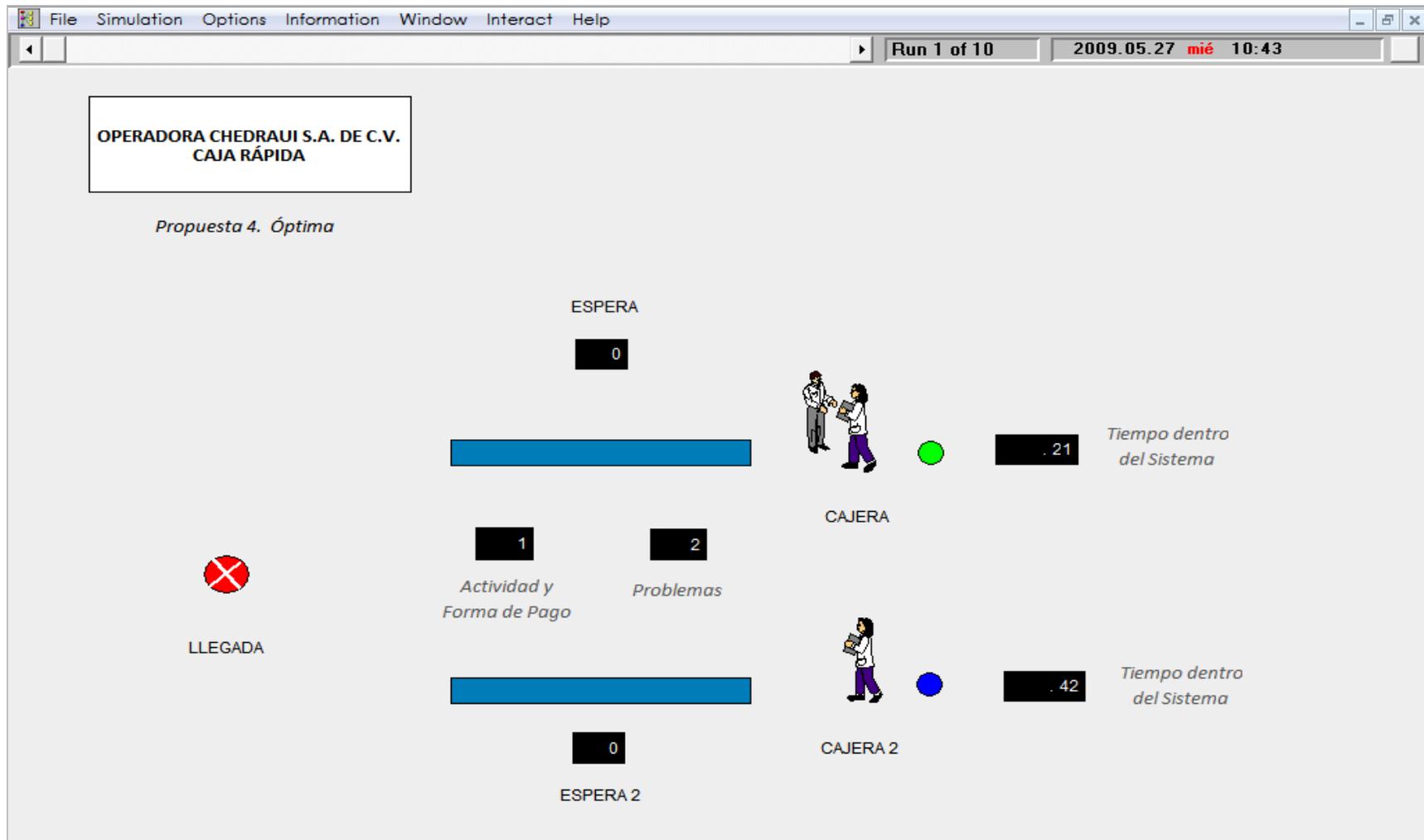
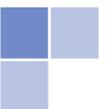


Figura 7.6 Gráfico del Modelo de la Propuesta 4. Combinación de Propuestas del Sistema de Servicio de Cobro del día Miércoles 27 de Mayo de 2009 a las 10:43am.

Conclusiones y Recomendaciones



8.1 Conclusiones

Durante el desarrollo del proyecto y a través del involucramiento al sistema de la caja rápida por medio de la toma de tiempos, se pudo observar y comprender que la "lentitud", como dicen los clientes, del servicio de la caja rápida, no depende en gran medida del cajero en turno sino de los problemas que se susciten a la hora de estarlos atendiendo.

Con base en los resultados obtenidos a través del modelo de simulación y las propuestas planteadas, se dice que; los objetivos del proyecto se cumplieron ampliamente. Se desarrolló un modelo de simulación que representa fielmente al sistema real de la caja rápida y se logró plantear una propuesta que mejorara el servicio de cobro de la caja rápida, reduciendo tanto la cantidad de clientes como el tiempo en espera por el servicio.

La alternativa seleccionada reduce en promedio un 84.92% la cantidad de clientes en espera y un 74.05% el tiempo de espera por el servicio con respecto al modelo original establecido; en cambio, las propuestas 1, 2 y 3 tienen un rango promedio de mejora del 33% al 79% para la cantidad de clientes en espera y un rango promedio del 40% al 59% para el tiempo de espera por el servicio quedando todas por debajo de la Propuesta 4. La Propuesta 5, aunque reduce notablemente las medidas de efectividad, queda descartada, pues no es factible implementarla ya que el grado de utilización de la tercera caja es mínimo a lo largo del día y, como se menciona anteriormente, afectaría al rendimiento del servicio de la tienda puesto que, esta caja se podría utilizar como una caja de cobro general y contribuir a la distribución de los clientes para el servicio de cobro.

En apartados anteriores se explicaron los problemas más usuales que existen en la caja rápida así como sus posibles causas. Es importante mencionar que la mayoría de estos problemas son evitables y, como se observa en el Diagrama Causa-Efecto, la causa principal de estos inconvenientes radica, no solo en el

personal de la tienda, sino también en los clientes que hacen uso de la caja. Existen personas necias que se rehúsan a respetar las restricciones de la caja y los cajeros, como empleados de la tienda, no tienen otra opción más que atenderlos, todo para evitar que se molesten o que incluso, pongan una queja.

Ahora bien, tampoco dejar de lado la responsabilidad de los cajeros que si bien no tienen toda la culpa de esto, si influyen un poco en el problema; y es que algunos cajeros dependen de su estado de ánimo para trabajar eficientemente o por el contrario, se distraen demasiado platicando con los empacadores, con personas ajenas y hasta con otros cajeros, haciendo que se cometan errores al momento de teclear un código o verificar algún producto.

Entonces se dice que, a través del involucramiento al sistema en este proyecto, todas las personas tienen un poco de responsabilidad con respecto al servicio de la caja rápida, pero está claro empezar a cultivar una cultura de respeto hacia las condiciones de cualquier establecimiento, porque al fin y al cabo, es para el propio beneficio del cliente.

A manera de conclusión y considerando tanto el resultado de las estadísticas presentadas en esta investigación como las observaciones anteriores, se puede afirmar que la mejor alternativa de solución para la hipótesis planteada es la Propuesta 4. Combinación de Propuestas.

8.2 Recomendaciones

Se recomienda ampliamente la implementación de la Propuesta 4. Combinación de Propuestas. Con base en los resultados arrojados por la simulación se confirma que es la mejor alternativa; la decisión de implementarla o no, queda en voz de los altos directivos de la Operadora Chedraui S.A. de C.V.

Si se decide poner en práctica, sería muy recomendable que la caja rápida adicional se ubicara a un lado de la caja rápida existente pues los clientes tendrían corto desplazamiento en caso de elegir una caja u otra, o bien, se puede recurrir a un sistema unifila, es decir, una sola línea de espera para ambas cajas rápidas en donde los clientes sean atendidos por la caja vacía próxima; además, que se cuente con personal auxiliar para redirigir a aquellos clientes que cuenten con más de 8 artículos para que se empiece a crear en ellos esa cultura de respeto, además de prestar atención a los productos defectuosos y actualizar diariamente la base de datos de los códigos de mercancías.

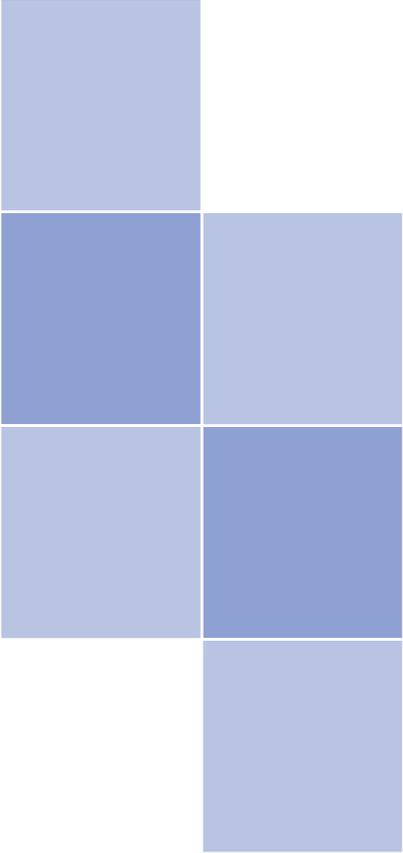
Una buena opción sería realizar una reunión del personal donde se les explique a los cajeros las nuevas promociones u ofertas diarias dentro de la tienda.

Se propone lo siguiente:

- Hacer una lista de las promociones del día y entregársela al cajero con la finalidad de que esté actualizado.
- Renovar su lista de códigos e incluir los productos recién ingresados, así como asegurarse que cada caja cuente con una.

Si alguna de las propuestas se lleva a cabo, se deberá supervisar constantemente que las actividades mencionadas se cumplan totalmente para que se logre alcanzar el resultado previsto y como recomendación general queda la de no dejar de preocuparse por lo que el cliente demanda, y esto es, un buen servicio.

Además, considerar realizar un análisis profundo del impacto que se tendría dentro de la tienda y en el área de cajas el agregar una caja rápida adicional, pues los posibles efectos que se podrían tener son que se tendría que apagar una caja normal o contratar un cajero más, al igual que se tendría que estudiar el comportamiento de los clientes y si aceptan o no, la caja rápida adicional.



Fuentes de Información



Libros

Alonso, V. C. (1998). Control Estadístico de la Calidad. Valencia: Ed. Univ. Politéc. Valencia

Barceló J. (1996, septiembre). Simulación de Sistemas Discretos. Monografías de Ingeniería de Sistemas [en línea], No. 12. Disponible en:

<http://www.scribd.com/doc/6004621/Simulacion>

Coss Bu, R. (2005). Simulación: Un Enfoque Práctico. México: Limusa

Galgano, A. (1995). Los Siete Instrumentos de la Calidad Total. Madrid: Díaz de Santos.

Law, A. M., Kelton W. D. (1982). Simulation Modeling and Analysis. México: McGraw-Hill

Levine, D. M., Berenson, M. L., González, M. L. (2006). Estadística para Administración. México: Pearson Educación

Marques Dos Santos, M. J. (2001). Estadística Básica. Un Enfoque No Paramétrico. México: UNAM

Piera, M. A., Guasch, T., Casanovas, J. y Ramos, J. J. (2006). Cómo Mejorar La Logística De Su Empresa Mediante La Simulación. Madrid: Díaz De Santos

San cristián, F. R. (2003). Técnicas de Resolución de Problemas. España: FC Editorial.

Shannon, R. E. (1988). Simulación De Sistemas Diseño, Desarrollo E Implementación. México: Trillas.

Taha, H. A. (2005). Investigación de Operaciones. (Trad. V. González Pozo). México: Pearson Educación. (Original en Inglés, 2004)



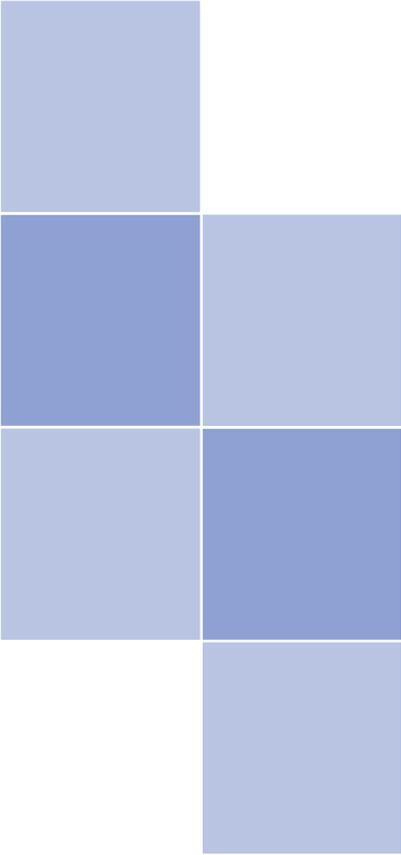
Páginas Electrónicas

<http://www.promodel.com.mx>

<http://simulationclass.wordpress.com/2008/12/05/simulacion/>

http://docencia.izt.uam.mx/hcg/231236/material_adicional/cap2_sistemas.pdf

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4060015/Lecciones/Capitulo%20VI/introduccion.htm>



Anexos





Anexo A

Toma de Tiempos de Servicio

[E:\ANEXOS\Toma de Tiempos de Servicio.xlsx](#)

Tiempo de Llegadas

[E:\ANEXOS\Toma de Tiempos de Llegadas.xlsx](#)

Tiempo Promedio de Servicio de la Caja

[E:\ANEXOS\Tiempo Promedio de Servicio de la Caja Rapida.xlsx](#)

Anexo B

Datos de las Combinaciones Obtenidas

[E:\ANEXOS\Combinaciones.xlsx](#)

Anexo C

Modelo de Simulación Original

[E:\ANEXOS\MODELO ORIGINAL. OPERADORA CHEDRAUI S.A. DE C.V..MOD](#)

Anexo D

Datos de la Validación del Programa de Simulación

[E:\ANEXOS\ValidacionChedraui.sf3](#)

[E:\ANEXOS\ValidaciónChedraui.sgp](#)



Anexo F

Cálculo del Número de Corridas de Simulación

[E:\ANEXOS\Número de Corridas de Simulación.xlsx](#)

Anexo G

Modelo Terminado. Propuesta1. Únicamente8 Artículos

[E:\ANEXOS\PROPUESTA 1. ÚNICAMENTE 8 ARTÍCULOS.MOD](#)

Modelo Terminado. Propuesta2. Evitar Problemas Frecuentes

[E:\ANEXOS\PROPUESTA 2. EVITAR PROBLEMAS FRECUENTES.MOD](#)

Modelo Terminado. Propuesta3. Dos Cajas Rápidas

[E:\ANEXOS\PROPUESTA 3. DOS CAJAS RAPIDAS.MOD](#)

Modelo Terminado. Propuesta4. Combinación de Propuestas

[E:\ANEXOS\PROPUESTA 4. COMBINACION DE PROPUESTAS.MOD](#)

Modelo Terminado. Propuesta5. Tres Cajas Rápidas

[E:\ANEXOS\PROPUESTA 5. TRES CAJAS RAPIDAS.MOD](#)

Anexo H

Programación de Llegadas. Propuesta3

[E:\ANEXOS\Programación Llegadas. Propuesta 3.txt](#)

Tiempo de Servicio. Propuesta 3

[E:\ANEXOS\Programación Tiempo de Servicio. Propuesta 3.txt](#)